



**Hélder Rodrigues
Roque**

***One Piece Flow*-Aplicado à Produção de Peças na
Indústria Automóvel**



**Hélder Rodrigues
Roque**

**One Piece Flow-Aplicado à Produção de Peças na
Indústria Automóvel**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor João Paulo Davim do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e pelo Engenheiro José Miguel Tavares Gomes da empresa GAMETAL - Metalúrgica da Gandarinha S.A. – Kirchhoff Automotive.

Dedico este trabalho à minha mãe, ao meu pai, à minha namorada e ao meu irmão por todo o apoio e tudo o que fizeram por mim.

o júri

presidente

Prof. Doutor António Manuel Godinho Completo
professor auxiliar, Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Manuel Romano dos Santos Pinto Barbosa
professor auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor João Paulo Davim Tavares da Silva
professor auxiliar c/ agregação, Universidade de Aveiro

Eng. José Miguel Tavares Gomes
engenheiro, Gametal – Kirchhoff Automotive

agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor João Paulo Davim, por toda a disponibilidade, ajuda e paciência. Foi uma honra ter um orientador dotado de tanto conhecimento e disposição para ensinar.

Ao meu co-orientador Engenheiro José Miguel Tavares Gomes por toda a ajuda e acompanhamento na componente prática. Foi um prazer testemunhar a sua capacidade de previsão e solução dos problemas.

À empresa GAMETAL – Kirchhoff Automotive por me ter proporcionado este estágio. E a todos os colegas de trabalho que me ajudaram e apoiaram com a sua experiência ao longo dos 6 meses de estágio.

Aos meus amigos por me proporcionarem tão bons momentos de convívio ao longo destes anos.

À minha família por toda a motivação e confiança depositada em mim.

À minha namorada Ana Sofia por todo o apoio e ajuda ao longo destes anos.

palavras-chave

Pensamento *lean*, fluxo contínuo, eliminação de desperdícios, *one piece flow*, *muda*, *layout*, gestão de operações.

resumo

O pensamento *lean* é cada vez mais visto como uma método a seguir pelas empresas que pretendem tornar-se de uma forma contínua mais competitivas e capazes de responder as necessidades dos seus clientes. Esta filosofia consiste em eliminar todos os desperdícios existentes, entende-se por desperdícios tudo aquilo que se faz sem que acrescente valor ao produto.

Esta dissertação teve como base um estágio orientado para o pensamento *lean*. O objectivo deste estágio é analisar três casos de estudo com o intuito de efectuar o fluxo contínuo entre as diversas operações a que estão sujeitas as peças em cada caso. Obtendo um fluxo contínuo consegue-se eliminar alguns dos desperdícios identificados pelo pensamento *lean*, tais como, armazenamento de peças em contentores, espaço ocupado por estes, movimentações e transportes desnecessários.

Foram analisados três casos de estudo com o intuito de encontrar a melhor solução adaptada à realidade da empresa. Por vezes pequenas alterações no *layout* de uma empresa podem trazer grandes vantagens logísticas evitando assim o transporte excessivo das peças que se encontram em produção.

keywords

Lean thinking, continuous flow, *muda*, waste eradication, *one piece flow*, added value, *layout*, operations management.

abstract

The *lean* thinking is becoming more and more notorious within the companies which want to be continuously more competitive and able to respond the requests from their clients. This method consists in eradicate every kind of waste. Waste is everything which doesn't add value to the product.

This thesis was based on a Lean thinking orientated trainee program. The goal of this program was to analyze three cases of study, with the aim of applying the continuous flow within the several production operations. The obtainment of a continuous flow allows some waste elimination, such as, part storage in containers, occupied space, transactions and unnecessary movements.

Three cases of study were analyzed in order to find the best solution towards the company reality. Sometimes small *layout* changes can bring big logistic benefits, avoiding the excessive transport from parts which are in production.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1. APRESENTAÇÃO E OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO	4
1.2. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. PENSAMENTO <i>LEAN</i>	9
2.2. DEFINIÇÃO DE VALOR	10
2.3. DESPERDÍCIO (<i>MUDA</i>).....	12
2.4. <i>JUST-IN-TIME</i>	17
2.5. <i>PULL VERSUS PUSH</i>	19
2.6. <i>KANBAN</i>	20
2.7. <i>HEIJUNKA</i>	22
2.8. <i>ONE PIECE FLOW</i>	23
2.9. SÍNTESE	26
3. DEFINIÇÃO DO ESTADO ACTUAL	29
4. PROPOSTAS E A SUA DISCUSSÃO	41
4.1. CASO DE ESTUDO 1.....	41
4.2. CASO DE ESTUDO 2.....	48
4.3. CASO DE ESTUDO 3.....	54
5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	65
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	A
ANEXO 1.....	A
ANEXO 2.....	C
ANEXO 3.....	D
ANEXO 4.....	E

LISTA DE ABREVIATURAS

C.C. – Centro de custo;

CME – *Central Manufacturing Engineering*;

JIT – *Just-in-time*;

KA – *Kirchhoff Automotive*;

OPF – *One Piece flow*;

TPM – *Total Productive maintenance*;

TPS – *Toyota Production System*;

TQM – *Total quality management*;

VMS – *Value stream Mapping*;

GLOSSÁRIO

Heijunka – palavra de origem japonesa que significa: nivelar. A programação *heijunka* envolve o nivelamento da carga de forma a garantir um fluxo contínuo de materiais e de informação pela fábrica;

Kanban – palavra de origem japonesa que significa “cartão”. É um dos mais simples sistemas de controlo de operações que se conhece e um dos elementos primários do TPS;

Layout – percurso percorrido por um produto ou serviço, desde que dá entrada como matéria-prima até a sua conclusão;

Lead time – tempo necessário para realizar uma dada tarefa, trabalho, produto ou serviço. É um tempo composto pelo tempo útil (ex. tempo de processamento) e o tempo não produtivo (ex.: avarias, armazenamento, transportes e *setups*);

Muda – uma palavra Japonesa que significa “desperdício”. Refere-se a qualquer atividade que consome recursos, mas não agrega valor;

One piece flow – Conceito utilizado em sistemas produtivos caracterizados pela produção de um único artigo de cada vez (tamanho do lote = 1), em cada posto de trabalho;

Setup – refere-se às actividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou um novo produto. Também inclui as actividades realizadas durante o processamento (ex. ajustes, mudanças de ferramenta, etc.);

Sistema *Pull* – sistema de fabrico coordenado pelo cliente. É um dos elementos base da filosofia TPS/JIT. As actividades de fabrico iniciam-se apenas na presença de um pedido ou ordem do cliente. As operações vão acontecendo das fases finais até às iniciais;

Sistema *Push* - é o sistema clássico de gestão da produção que se caracteriza pelo empurrar dos produtos da empresa para o cliente. Caracterizado por sistemas de planeamento e controlo muito rígidos e baseados em previsões e nada orientado ao mercado.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A indústria tem passado ao longo do tempo por diferentes fases. Antes da revolução industrial os produtos eram fabricados com ferramentas rudimentares, a produção não era repetitiva, o que fazia com que cada produto fosse único. A revolução industrial representou um grande salto tanto a nível de produção como a nível económico. A mão-de-obra humana foi substituída pelas máquinas a vapor conseguindo assim produzir mais em menos tempo. Mesmo assim a oferta ainda não conseguia dar resposta à elevada procura dos consumidores. As empresas foram obrigadas a encontrar métodos de trabalho para conseguir produzir ainda mais de forma a satisfazer a procura. Assim sendo a mudança é uma realidade necessária no seio industrial e organizacional (João Neto, 1995).

A constante evolução da sociedade faz com que os consumidores finais se tornem mais exigentes, procurando assim produtos com mais qualidade a menor custo possível. De modo a corresponder às exigências dos seus consumidores alvo, as empresas vêm-se obrigadas a acompanhar o ritmo dos seus clientes e a lidar com a constante concorrência. O surgimento da crise económica ao longo destes últimos anos e a respectiva diminuição do consumo coloca o mundo empresarial numa situação em que só as empresas que produzem com qualidade a baixos custos sejam capazes de sobreviver (Lissandra Mattos, 2002).

As necessidades de mudança que as empresas enfrentam passam pela produção com qualidade a preços baixos, para tal é necessário conseguir eliminar do processo produtivo tudo que não acrescenta valor ao produto final. Deste modo as empresas conseguirão manter-se competitivas e capazes de responder rapidamente às exigências dos seus clientes. As empresas para responder a esta elevada exigência têm adoptado como base o pensamento *lean* ou como é conhecido em alguma literatura o *lean thinking* (“pensamento magro”) (Pinto, 2008).

A filosofia *lean thinking* é uma abordagem inovadora às práticas de gestão que, de forma autossustentada, promove a participação de todos nos processos de melhoria contínua e na maximização do valor criado para todas as partes através da sistemática eliminação do desperdício. Proporcionando uma maneira de se fazer mais com menos, isto é, com menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e até mesmo menos espaço, enquanto se produz de acordo com o que os clientes realmente querem, na quantidade certa, no

momento certo e no sítio certo. Desta maneira consegue-se aumentar o valor enquanto se reduzem os desperdícios e abrem-se novas oportunidades para as organizações se adaptarem e desenvolverem num mundo cada vez mais complexo e instável (Pinto, 2008).

1.1. APRESENTAÇÃO E OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho intitulado “*One Piece Flow* – Aplicado à Produção de Peças na Indústria Automóvel” surgiu no âmbito de um projecto na empresa GAMETAL – Metalúrgica da Gandarinha S.A., onde se pretende através de algumas modificações a nível de *layout* ou do processo produtivo reduzir desperdícios usando a filosofia do pensamento *lean*.

A GAMETAL pertencente ao grupo Alemão Kirchhoff. É uma empresa especializada nas técnicas de transformação de componentes metálicos por estampagem, soldadura, pintura e montagem. É fornecedora de componentes para a indústria automóvel¹.

A Kirchhoff em Portugal está sediada em Ovar (figura 1) e tem uma filial em Cucujães (figura 2), em Ovar a empresa é dividida em dois pavilhões:

a) Pavilhão Ovar 1;



b) Pavilhão Ovar 2;



Figura 1. 1. Fábrica Ovar;

- Pavilhão Ovar 1, destina-se principalmente a operações de soldadura, podendo também ser efectuadas algumas operações de estampagem/corte em prensas manuais.
- Pavilhão Ovar 2 destina-se a estampagem/corte e ferramentaria, portanto, onde se encontram as prensas de maior porte (prensas automáticas).

¹ Kirchhoff Intranet;

O grupo Kirchhoff tem várias unidades de negócio sendo a mais importante a dedicada ao sector automóvel, a multinacional Kirchhoff Automotive, da qual fazem parte empresas nos seguintes países: Alemanha (sede), Espanha, Hungria, Brasil, Irlanda, Polónia, México, França e China. A presença internacional aliada à diversidade e qualidade dos seus produtos permitem ao grupo Kirchhoff ser fornecedor das grandes marcas mundiais de automóveis.



Figura 1. 2. Aspecto da fábrica Cucujães;

O objectivo da dissertação é analisar a possibilidade de alterar o *layout* ou o processo produtivo em três casos de estudo. Gastando os menores recursos possíveis pretende-se reestruturar o fluxo de fabrico obtendo o *one piece flow* total ou parcial. Os casos de estudo 1 e 2 baseiam-se na análise de uma peça cada, sendo que o caso de estudo 3 tem a sua base de análise em quatro peças idênticas (sujeitas ao mesmo tipo de operações).

Pretende-se com estes três casos de estudo, implementar melhorias no processo produtivo das peças analisadas de modo a reduzir o máximo dos desperdícios existentes, como por exemplo, o excesso de espaço usado pelo armazenamento das peças em contentores entre as diversas operações de fabrico, as movimentações e transportes desnecessários, a diminuição do *lead time*, pois com a produção em fluxo contínuo é possível obter a peça final mais rapidamente.

1.2. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

No capítulo 1 é efectuado um pequeno enquadramento deste trabalho bem como uma breve apresentação da empresa onde foi realizado o estágio concluindo com os objectivos da dissertação.

O capítulo 2, para uma melhor compreensão do projecto, apresenta-se uma revisão bibliográfica onde será abordado o pensamento *lean* e algumas das suas ferramentas que se enquadram no âmbito do “*one piece flow*”.

No capítulo 3 será efectuada uma descrição de como são codificadas as peças na respectiva organização. Será abordado também o estado actual para as peças a estudar e a apresentar posteriormente no capítulo 4.

No capítulo 4 são descritos três casos de estudos nos quais foram efectuadas algumas análises de melhorias de *layout*/processo produtivo, sendo avaliadas posteriormente de modo a poder ser tomada a decisão de implementação ou não das propostas realizadas.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões finais do trabalho e os trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PENSAMENTO *LEAN*

O termo *lean thinking* é associado mundialmente à filosofia de liderança e gestão, que tem como grande objectivo a sistemática eliminação de desperdício e a criação de valor. Trata-se de um dos mais bem-sucedidos paradigmas de gestão que o mundo empresarial conheceu. Utiliza-se a palavra *lean* (magro) pois esta encontra-se ligada ao princípio de fazer cada vez mais com cada vez menos, menos esforço humano, menos energia, menos materiais, menos equipamentos, menos *stocks*, menos tempo e menos espaço mas mantendo a qualidade requerida pelos clientes, criando assim mais valor, dando-lhes exactamente o que querem, na quantidade que querem e no local que querem (Pinto, 2009).

Em 1996 surgiu na literatura pelos autores James P. Womack e Daniel T. Jones a obra denominada “*Lean Thinking*”. Os autores referem-se ao *lean thinking* como sendo a solução para o desperdício, considerando como desperdício qualquer actividade humana que não acrescenta valor. Contudo J. Paulo Pinto na sua obra “PENSAMENTO LEAN” refere que na opinião dele este conceito de desperdício deve ser alargado incluindo não só as actividades humanas, como também qualquer outro tipo de actividades e recursos usados indevidamente contribuindo assim para o aumento dos custos, tempos e da não satisfação do cliente.

A implementação da filosofia *lean* por parte de uma empresa tem como objectivo fundamental a aceitação de uma nova estratégia com vista à redução de custos e o aumento da quota de mercado. Para que a empresa consiga atingir esses objectivos, será necessário conseguir colocar nos seus consumidores uma diversa gama de produtos, com prazos de entrega reduzidos com boa qualidade e a preços competitivos. A produção *lean* deve caracterizar-se por manter *stocks* reduzidos em todas as fases do processo produtivo, estabelecendo uma relação duradoura de *just-in-time* com os fornecedores, levando-os a participar no projecto de produção de um novo produto (Katayna, 1999).

Contudo, Henderson e Larco referem que a gestão *lean* é caracterizada pela forma eficaz e eficiente de como cada empresa opera dentro do seu meio organizacional, adaptando o seu sistema de produção de modo a minimizar os custos produtivos conseguindo eliminar todos os desperdícios associados a essa mesma produção (Henderson e Larco, 1999).

O pensamento *lean* teve a sua origem no sistema de produção da Toyota (TPS – *Toyota Production System*), criado por Taiichi Ohno (1988), e outros, a partir de 1940, e inicialmente aplicado à indústria automóvel. Foram desenvolvidos alguns conjuntos de métodos práticos e ferramentas de modo a dar suporte ao *lean thinking*, nestes inclui-se por exemplo o mapeamento da cadeia de valor - VMS (*Value Stream Mapping*). Esta ferramenta usa-se para identificar o fluxo dos recursos e as áreas onde as operações os consomem sem acrescentar qualquer tipo de valor, na perspectiva do cliente.

2.2. DEFINIÇÃO DE VALOR

Tem-se referido ao longo deste trabalho sobre valor sem no entanto o definir. Valor é o ponto de partida para a implementação *lean*. Ao contrário do que se pensa valor não é definido pelo fabricante mas sim pelo cliente. Sem uma sólida compreensão do que o cliente considera valor torna-se difícil dar o passo seguinte. Fora dos processos da indústria há imensos exemplos do que se pode entender como valor. O simples facto de comprar uma máquina de lavar roupa em que determinados clientes podem valorizar a capacidade da máquina lavar a roupa mas para outros o valor pode estar relacionado com os custos ou características como o *design* ou cor da máquina. O desafio para os fabricantes é desenvolver um portfólio de produtos capazes de responder ao que os clientes consideram valor (Melton, 2005).

Por vezes entende-se valor como sendo a compensação que recebemos em troca do que pagamos. Sim é verdade mas nem só, pois a designação “valor” pode também ser atribuída a produtos ou serviços de que usufruímos gratuitamente, como por exemplo, a visita a um monumento histórico ou um simples programa de rádio/televisão. Valor é, portanto, mais do que a compensação que recebemos do dinheiro dado em troca. Valor é tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo e o esforço que dedicamos a algo (Pinto, 2009).

Pinto na sua obra “PENSAMENTO LEAN”, identifica as diferentes partes interessadas na criação de valor numa organização (figura 2.1). Como não podia deixar de ser os clientes são os maiores interessados em receber o valor da organização mas não só. Os trabalhadores, os accionistas, os fornecedores e a sociedade em geral também esperam receber algo que valha a pena, para que continuem a apoiar o desenvolvimento da organização. Não pensar em valorizar estas partes é comprometer seriamente o futuro de qualquer organização.



Figura 2.1. Diferentes partes interessada em valor numa organização²;

Uma organização pode ser caracterizada numa só palavra: “VALOR”. As organizações existem para isso mesmo, criar valor para todas as pessoas, que directa ou indirectamente se servem dos seus produtos ou serviços, sejam elas organizações com ou sem fins lucrativos (Pinto, 2009).

Concluindo, o pensamento *lean* deve então começar por definir de uma forma consciente o que de facto é valor, em termos de produtos específicos com capacidades específicas, oferecidos a preços específicos através de um diálogo com clientes específicos. A maneira de fazer isso é ignorando os activos, as tecnologias existentes numa organização e repensar a sua linha de produção, criando equipas fortes e dedicadas a um determinado produto. Sendo para isso, necessário, uma redefinição dos papéis dos técnicos de uma empresa e repensar exactamente o que cria valor. Caso contrário é quase certo que a definição de valor seja distorcida. Assim sendo, especificar com precisão o que realmente é valor, é o

² Imagem adaptada a partir da obra Pensamento Lean (Pinto, 2009)

primeiro passo para o *lean thinking*. Fornecer um bem ou serviço errado é o caminho certo para o *muda* (palavra usada pelos japoneses para designar desperdício) (Womack, 2003).

2.3. DESPERDÍCIO (*MUDA*)

Desperdício pode ser definido como sendo, despesa inútil, esbanjamento, perda. Transpondo este significado para uma organização facilmente se percebe que existem diversas actividades efectuadas que não acrescentam qualquer tipo de valor. A este tipo de actividades os japoneses chamam de *muda*. Esta palavra é considerada por Womack e Jones, como sendo a única palavra japonesa que realmente precisamos de saber (Womack e Jones, 2003).

Muda torna os produtos ou serviços mais caros, pois quando se vende um produto ou serviço, este é vendido a um preço mais elevado porque o cliente acaba por pagar actividades que não acrescentam qualquer tipo de valor ao seu produto. Ao produzir desperdício estamos a gastar recursos e tempo de modo a encarecer o produto final. Ou seja, tudo o que não acrescenta valor a um produto é desperdício e é algo pelo qual o comprador não está disposto a pagar (Karlsson, 1996).

Quando a concorrência consegue entregar o mesmo valor a um custo inferior, ou alternativamente, pelo mesmo preço entregar mais quantidade, estão a reforçar a sua vantagem competitiva no mercado. A vantagem competitiva mede-se pelo valor que as organizações criam e por aquilo que pedem em troca, quanto melhor for esta relação para o cliente, maiores são as hipóteses de vencer no mercado (Karlsson, 1996).

O desperdício pode ser considerado de diversas formas. Para que as empresas o possam combater podem definir o desperdício da seguinte forma (Pinto, 2009):

- **O puro desperdício** – é todo o tipo de actividades que não são necessárias a uma organização, como por exemplo reuniões infundáveis em que nada se decide, deslocações e avarias. As empresas têm por obrigação eliminar este tipo de desperdício. Há organizações onde este tipo de *muda* representa até 65 %.
- **O desperdício necessário** – é todo o tipo de actividades que, mesmo não acrescentado valor, têm de ser realizadas. Como é o caso de troca de ferramentas

(*setups*), controlo da matéria-prima e serviços de contabilidade. Mesmo assim as empresas têm obrigação de diminuir a presença deste tipo de *muda*. Por exemplo, para o controlo de matéria-prima as empresas podem optar por um fornecedor mais fiável ou até que colabore com eles de forma a melhorar a qualidade do material de modo que não seja necessário qualquer tipo de controlo de qualidade.

Ao desenvolverem o TPS, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo (1988) identificaram sete tipos de desperdícios (figura 2.2), acreditando que só faz sentido melhorar a eficiência do processo produtivo se forem eliminados todos os desperdícios, produzindo assim apenas valor para o cliente.

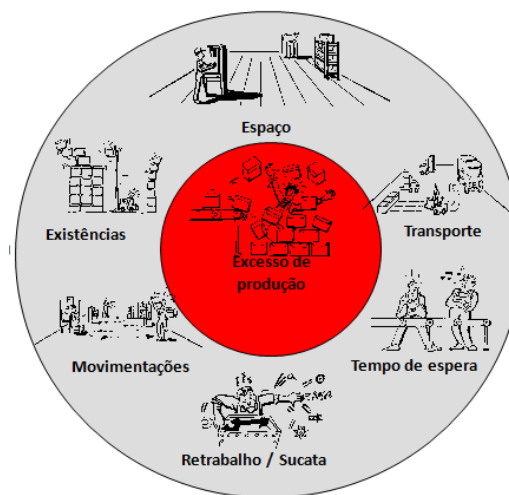


Figura 2.2. Os 7 tipos de desperdício³;

Excesso de Produção

A grande fonte de desperdício tal como ilustra a figura 2.2 é o excesso de produção, ou seja, produzir em maior quantidade ou mais rápido do que o pedido pelo processo seguinte. O excesso de produção pode acontecer por diversas razões, sendo que começa quando se tenta prever o trabalho que será pedido, isto é, quando se produz com base em previsões. A produção com base em previsões origina um maior consumo de matérias-primas e de mão-de-obra do que realmente é necessário, resultando assim num aumento de *stock* de produtos a aguardar entrada nos processos seguintes ou até mesmo *stock* de produtos acabados a aguardar que o pedido do cliente chegue. O excesso de produção é de certo

³ Imagem usada pelo KAPS (Kirchhoff Automotive Production System) para ilustrar os 7 desperdícios;

modo a “mãe” de todos os desperdícios presentes na figura 2.2, pois esta gera todos os outros. Se forem produzidas peças antes do pedido efectuado pelo cliente, os produtos terão de ser transportados, registados e guardados em pilhas de *stock* ocupando espaço. Por sua vez, irão surgir atrasos uma vez que os processos estão ocupados a obter produtos errados. São necessários mais meios para produzir, mais operadores e mais equipamento porque os existentes estão ocupados a produzir produtos que ainda não foram pedidos. Por outro lado, os produtos armazenados por um longo período de tempo ficam sujeitos a alterações causadas pelos mais diversos acontecimentos, originando assim sucata. Se existirem defeitos nos produtos, estes permanecerão no inventário até que o processo seguinte os utilize e detectem as falhas (Rother, 1999).

A cadência de produção deve ser definida pela procura do cliente, quer seja a nível externo como a nível interno. Os produtos não devem ser empurrados (sistemas *push*) de modo a fluir para o cliente seguinte, o objectivo deverá ser o de produzir de acordo com o pedido do cliente (sistemas *pull*), seja ele para outra operação à qual o produto está sujeito ou ao seu envio para o cliente final. Deve produzir-se de acordo com as encomendas em vez de tentar prever de antemão o que será pedido. No entanto por vezes isto torna-se difícil de concretizar, pois os clientes exigem entregas do produto com tempos inferiores ao da sua produção sendo por isso necessária a utilização das previsões, assim sendo o excesso de produção só poderá ser evitado se essas previsões forem precisas, o que nem sempre é fácil de realizar. Por isso, o ponto de encomenda do cliente deve ser movido o mais a montante possível no processo de produção de modo a que os produtos sejam dedicados o mais cedo possível a uma dada ordem. Por outro lado, o tempo de produção de um produto, desde a colocação da ordem do cliente, não deve exceder o período da entrega exigido (Wilson Lonnie, 2010).

Tempo de espera

Refere-se a todo o tempo despendido pelas pessoas ou equipamentos sempre que estes aguardam por algo, como por exemplo uma autorização. Os desperdícios de tempo ocorrem de diversas formas, sendo as mais comuns: fluxo obstruído, como por exemplo, uma avaria, defeitos de qualidade ou acidentes; Problemas de *layout*, em que as peças estão sujeitas a transportes longos; Dificuldades e/ou atrasos com entregas de fornecedores, sendo eles internos ou externos; Tempos de *setup* elevados, fazendo com que os

operadores aguardem longos períodos de tempo sem acrescentar qualquer tipo de valor ao produto que o cliente pretende (Rother & Shook, 1999).

Retrabalho / Sucata

O facto de se produzirem peças defeituosas que são rejeitadas pelos clientes, por vezes detectadas apenas em fim de linha, acarreta não só custos elevados para quem as produziu como também irá dar origem a outros tipos de desperdícios, como por exemplo: trabalho necessário para corrigir os defeitos, quando praticável, porque se não for possível a única solução para essas peças será a sucata. Irá ser necessário um aumento de mão-de-obra para efectuar inspecções a quantidades por vezes “intermináveis” de produto em *stock* de modo a que não se corra o risco de enviar novamente peças defeituosas para o cliente para que deste modo não se perca a credibilidade. Por vezes, a reincidência dos defeitos pode causar a perda de negócios futuros (Ohlsson, 2005).

Segundo Pinto, entre as causas de defeito destacam-se as falhas humanas, consideradas como sendo normais, transporte de materiais, ausência de padrões de autocontrolo e de inspecção e ainda a falta de padrões nas operações de fabrico e montagem. Estes defeitos poderão ser eliminados implementando operações padrão, colocando sistemas anti-erro capazes de detectar defeitos evitando assim a continuidade dessas peças ao longo do processo, construir qualidade na fonte e em cada processo/operação, incentivar a produção em fluxo contínuo (evitando assim os stocks “intermináveis”) e se possível automatizar determinadas actividades. Para se eliminar os defeitos, a causa raiz terá de ser encontrada (Pinto, 2009).

Movimentações

Este é um tipo de desperdício que está associado a todo o tipo de deslocações que não acrescentam valor ao produto ou ao processo. Este tipo de desperdício está normalmente associado aos operadores e é facilmente visível em situações de alcance de ferramentas e movimentação de materiais no interior do posto de trabalho. Por vezes é possível reduzir o excesso de movimentações alterando o *layout* do posto de trabalho bem como a criação de condições para que o operador tenha tudo o que precisa ao seu alcance sem ter de se movimentar em demasia. Concluindo, muitos dos movimentos que efectuamos podem não

ser necessários, o trabalho é o movimento que se faz para criar valor ao produto ou serviço (Pinto, 2009).

Transporte

Transporte é qualquer tipo de transferência de materiais (matéria-prima, peças entre operações intermédias, produto acabado) de um lado para o outro. Este tipo de desperdício não acrescenta valor numa organização, pois os transportes ocupam espaço, acrescem os custos e aumentam o tempo de fabrico e muitas vezes são ainda os responsáveis por danificar o produto. Como por exemplo acidentes criados por empilhadores. Não se pretende a sua eliminação na totalidade mas sim a sua optimização, com o intuito de evitar deslocações excessivas ao longo do processo. Um método para reduzir os transportes pode passar por criar células de fabrico onde o produto flua de uma forma contínua pela célula de fabrico (Karlsson & Åhlström, 1996).

Existências

Os *stocks* denotam a retenção de produtos numa empresa, ocupando espaço de armazenamento, acarretando custos de transporte e causando a deterioração dos produtos no caso de se manterem os *stocks* demasiado tempo guardados nas organizações. As existências são utilizadas de forma a colmatar os problemas ou as falhas na cadeia de valor, como por exemplo um fraco *layout* dos equipamentos, defeitos nos produtos, tempos de produção elevados e a falta de capacidade de resposta do processo, elevados tempos de mudança de ferramenta, antecipação da produção, problemas de qualidade e processos a trabalhar a diferentes velocidades/ritmos. De cada vez que surge um problema a maneira mais simples de o “esconder” é produzindo e criando *stock*. Através do pensamento *lean* actua-se de forma inversa, reduzem-se as existências para que os problemas saltem à vista para que se possam resolver, e assim sucessivamente, mantendo o ciclo até que os problemas estejam todos resolvidos. Os *stocks* podem ser reduzidos através de um nivelamento da produção, garantindo um fluxo estável e contínuo. Isto concretiza-se através de uma produção puxada, melhoramento da qualidade dos processos, reforço do planeamento e controlo das operações ou ainda diminuição do tempo de troca de ferramentas (Pinto, 2009).

Sobre processamento

Este tipo de desperdício refere-se aos desperdícios do processo, ou seja, a operações do processo que não são necessárias e às quais o cliente não dá qualquer tipo de valor. Um aumento dos defeitos pode até acontecer devido a operações ou processos incorrectos. A falta de uniformização e da criação de um *standard* de trabalho que os operadores devem seguir, também pode originar sobre processamento. Todos os processos geram perdas, no entanto, estas podem ser diminuídas ou eliminadas. Para tal deve haver uma formação contínua dos colaboradores ou alteração de alguns processos por processos mais eficientes (Ohlsson, 2005).

2.4. *JUST-IN-TIME*

A filosofia do tipo JIT consiste num sistema de operações simples e eficiente capaz de otimizar os recursos presentes numa organização, tais como, mão-de-obra, equipamentos existentes e investimentos, conseguindo desta forma atender às exigências dos clientes (Richard T., 1988). JIT está associado ao princípio dos zero defeitos. O princípio considera que só é possível entregar as peças consoante os prazos pretendidos pelos clientes, se estas forem isentas de defeitos, isto é, produzir as peças bem à primeira. O conceito JIT implica que cada processo/produto deve ser fornecido no local certo, na quantidade certa, na qualidade certa e no tempo certo. Assim sendo verifica-se que o fluxo flui de uma forma contínua pois o processo anterior apenas produz o que for pedido pelo processo seguinte e assim sucessivamente até estar concluído o produto. Desta forma, existe uma diminuição dos desperdícios, tais como, a redução de espaço ocupado por excesso de inventário que resultará também numa diminuição dos transportes dos componentes entre as diversas operações (Karlsson, 1996).

Por vezes tem-se que o objectivo essencial do JIT é reduzir (ou eliminar) os *stocks* presentes entre as operações (WIP – *work in process*). No Japão onde teve origem a produção *lean*, JIT não é visto como um simples sistema que se limita à redução do *lead-time*⁴, redução de inventário ou redução de custos por si só. Pelo contrário, estas reduções são apenas o resultado natural duma filosofia de gestão holística, realçando a qualidade do

⁴ *lead-time* – é o tempo total da sequência (desde que entra a matéria-prima até que sai o produto acabado);

produto bem como a importância crítica dos funcionários e clientes. Uma consequência importante desta filosofia é a extrema especialização dos trabalhadores (Crowley, 1998). As melhorias e as inovações devem sempre ser dirigidas para quem trabalha no chão de fábrica, este deve ser o foco das melhorias a implementar.

Para Richard J. (1982) o conceito *just-in-time* é bastante simples, para ele deve-se produzir e entregar produtos acabados a tempo de serem vendidos. Deve-se produzir peças a tempo de serem montadas nos conjuntos de forma a obter o produto acabado, ou seja, se o produto final for um conjunto de três componentes, estes devem estar concluídos todos ao mesmo tempo, para que possam ser montados e vendidos ao cliente sem gerar *stocks* intermédios e apenas se deve adquirir a matéria-prima a tempo de ser transformada em produtos. Deve sempre produzir-se em *just-in-time* e não antecipar a produção produzindo em *just-in-case*.

JIT é considerado como sendo um dos sistemas de operações que mais contribui para a implementação de um sistema de gestão baseado na filosofia *lean thinking*. De acordo com Ohno (1988), referenciado por Pinto, (2009) o sistema de operações JIT envolve duas componentes importantes, o sistema *kanban* (considerado como sendo um sistema do tipo *pull*, "puxar") e o nivelamento da produção (*heijunka*).

Para que seja possível uma organização trabalhar num sistema JIT esta precisa de adoptar um sistema do tipo *pull*, isto é, um processo só pode ser activado quando o processo seguinte assim o permitir, em vez de adoptar o sistema tradicional *push*, empurrar produtos para o cliente a seguir (Wilson, 2010).

Existe um conjunto de técnicas JIT que ajudam a combater os desperdícios gerados nas empresas, em que se destacam como mais significantes as seguintes (Åhlström, 1998):

- Operações simples e uniformizadas – envolvendo todas as pessoas da organização, estas operações devem conter disciplina, igualdade, flexibilidade, autonomia, desenvolvimento pessoal e qualidade no trabalho;
- Uso de equipamento simples e flexível – sendo estes caracterizados por serem mais pequenos, móveis, adaptáveis e de fácil mudança;

- *Layout* celular e modular – trabalhando em células consegue-se uma maior flexibilidade e um maior compromisso perante a qualidade e o desempenho das pessoas;
- TPM (*total productive maintenance*) – o TPM tem como objectivo eliminar o desperdício causado pelo equipamento, e consequentemente aumentar a sua flexibilidade e desempenho.
- TQM (*total quality management*) – pretende eliminar o controlo da qualidade da peça, criando processos à prova de erro e responsabilizando as pessoas pelas suas acções e pela melhoria contínua dos processos de trabalho.
- Envolvimento das pessoas – sendo elas o elemento fundamental do pensamento *lean*;
- Controlo visual – criação de sistemas simples que apoiem as pessoas no chão de fábrica. Como por exemplo a criação de *layouts* e a sua identificação, sistemas luminosos, quadros com objectivos pretendidos.
- Envolvimento e desenvolvimento dos fornecedores – o sistema *just-in-time* só funcionara se todos os elementos da cadeia de fornecimento estiverem em sintonia e a trabalhar de acordo com o sistema *pull*.

Se uma organização pretende adoptar a produção *just-in-time*, então terá de funcionar segundo os princípios da produção puxada (*pull*). O sistema *pull* tem como seu ponto de partida o pedido efectuado pelo cliente que por sua vez é transposto para o processo anterior requisitando os materiais/serviços que necessita, e assim sucessivamente, até chegar à encomenda da matéria-prima (Åhlström, 1998).

2.5. PULL VERSUS PUSH

Existem diferenças entre os sistemas do tipo *pull* e os sistemas do tipo *push*. O sistema do tipo *pull* pode ser encarado como sendo um sistema que define a quantidade de trabalho em curso no processo de fabrico. Assim sendo o sistema do tipo “puxar” precisa de ter um mecanismo de autorização para controlar o trabalho em andamento (WIP – *work in process*) na tomada de decisões para libertar trabalho para o chão de fábrica ou entre os processos de fabrico. As organizações que optam por um sistema do tipo *pull* costumam usar como auxilio os cartões *Kanban*. Por sua vez os sistemas do tipo *push* (empurrar) estão cada vez mais a cair em desuso. Este tipo de sistema baseia-se na produção do tipo

empurrar onde a principal preocupação é a eficiência, ou seja, o produto é produzido e empurrado para o mercado. Este sistema é caracterizado pela tomada de decisões baseadas em previsões de longo prazo e na emissão de ordens de fabrico fundamentadas nos níveis de *stoks*. Podem originar-se assim problemas como incapacidade para responder a frequentes alterações dos padrões da procura e materiais obsoletos em *stoks* (Riezebos, 2009).

Os sistemas do tipo *pull* tornaram-se bastante populares devido ao grande interesse das organizações em sistemas de produção “magra” de modo a diminuir ou até mesmo eliminar os desperdícios. A estratégia *pull* resulta em *lead times* mais reduzidos, na redução dos níveis de inventário em todas as fases do processo produtivo e numa maior capacidade de resposta das empresas aos mercados em permanente mudança. Mas como não podia deixar de ser, estes sistemas também têm alguns problemas associados, como por exemplo, a dificuldade de rentabilização quando aplicados em economias de escala (Pinto, 2009).

2.6. KANBAN

Kanban é uma palavra de origem japonesa que significa “etiqueta” ou “cartão”, este é um método utilizado na produção *lean* assegurando que os materiais e os produtos são “puxados” ao longo da fábrica quando são ordenados. Na sua forma mais simples *kanban* é um cartão ou um dispositivo utilizado pela estação de trabalho do cliente para enviar um pedido para a estação do fornecedor anterior indicando que necessita de mais peças. Normalmente os cartões *kanban* (figura 2.3) são rectangulares de dimensões reduzidas, podendo ou não ser plastificados, que são colocados em contentores e/ou caixas. Nestes cartões encontram-se escritas algumas informações que variam conforme as empresas, existindo contudo, informações minimamente indispensáveis tais como (Ohlsson, 2005):

- Referência da peça fabricada e a operação;
- Capacidade do contentor;
- Indicação do posto de trabalho a montante;
- Indicação do posto de trabalho a jusante;
- Número de cartões *Kanban* em circulação da respectiva referência;

KANBAN DE PRODUÇÃO

prateleira númer			15 C 21			processo		
númer do item			104-100-23			maquinagem		
nome do item			Subconjunto do cilindro			B - 8		
tipo do cilindro			100-23			processo		
						montagem		
						M - 5		
capacidade da	tipo da	número emissã						
15	B	2/6						

Figura 2.3. Exemplo de um cartão *kanban*⁵;

O cartão *kanban* funciona como uma encomenda interna quando colocado num posto de trabalho e como uma guia de remessa quando acompanha o produto resultante dessa encomenda. Assim sendo, o *kanban* funciona como uma ordem de fabrico que se movimenta permanentemente ao longo do fluxo de produção, acompanhando desta forma todo o processo de fabrico no sentido de jusante, voltando sozinho para montante assim que os materiais sejam consumidos. Desta forma, a cadência da produção é determinada pela cadência da circulação dos cartões, que por sua vez é determinado pela cadência de consumo dos materiais (Álvarez, 2009).

Observando a figura 2.4 pode concluir-se que o posto de trabalho 2 produz as peças fabricadas pelo posto de trabalho 1. Assim sendo cada vez que o posto 2 utiliza um contentor com peças, retira-lhes o *kanban*, que reenvia para o posto 1. Desta forma o cartão constitui para o posto 1 uma ordem de fabrico de um contentor de peças. Quando o posto 1 termina o pedido coloca-lhe um cartão, sendo encaminhado o contentor para o posto de trabalho 2, podendo assim entre os dois postos de trabalho circular um número definido de contentores. Um cartão *kanban* só deixa um contentor para ser devolvido ao posto 1 quando este se encontrar totalmente vazio. Os *kanban's* estão portanto, ou fixados nos contentores que aguardam no posto 2 ou no planeamento de *kanban's* no posto de trabalho

⁵ Figura retirada do site: www.oocities.org

1 à espera de transformação de peças. Este sistema espelha-se entre todos os postos de trabalho do mesmo sector de produção⁶.

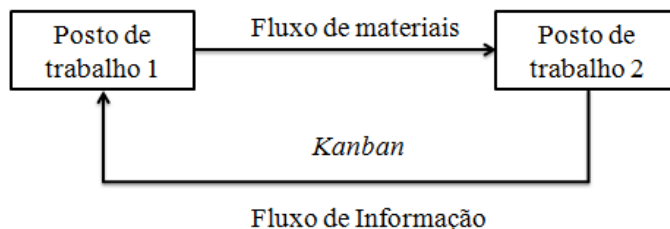


Figura 2.4. Funcionamento do método *kanban*;

2.7. HEIJUNKA

Heijunka é mais um termo oriundo da indústria japonesa que significa nivelamento da produção. Esta técnica é usada para combater as flutuações da procura de modo a nivelar a produção, permitindo uma produção regular ao longo de todos os dias de modo a satisfazer a procura. Por exemplo, se o pedido do cliente for 300 peças (mensal), em vez destas serem produzidas numa só semana, com o nivelamento da produção procura-se fabricar não só este artigo, como outros mas em quantidades menores e em curtos períodos de tempo, distribuindo assim as 300 peças em lotes mais pequenos que estarão igualmente prontos a enviar ao fim do mês (Wilson, 2010).

Heijunka deve focar os seguintes aspectos (Pinto, 2009):

- Volume de produção;
- Tipos de produtos;
- Tempo de produção.

Assim sendo, o sistema de nivelamento da produção consegue produzir peça a peça de acordo com um tempo padrão antecipadamente definido. Amortecendo assim as irregularidades da procura comercial ao produzir por pequenos lotes vários modelos diferentes na mesma linha. Este é o princípio da produção do tipo “*one piece flow*” (Pinto, 2009).

⁶ Informação a partir do site: www.cev.pt

Deste modo, *Heijunka* permite nivelar a carga das linhas de produção misturando a ordem de fabrico dos produtos. Isso facilita a estabilidade e a standardização do trabalho. Um outro objectivo do nivelamento da produção é montar diferentes modelos na mesma linha eliminando os *mudas* graças à standardização do trabalho, conseguindo assim produzir por ordem da procura do cliente. A prática de *heijunka* distribui e equilibra a produção no conjunto dos meios disponíveis, em vez de submeter os meios específicos às irregularidades da procura⁷.

2.8. ONE PIECE FLOW

O método “*one piece flow*” (OPF) refere-se ao conceito de (para o fabrico de uma peça constituída por varias operações em maquina distintas) mover um lote constituído por uma peça de cada vez entre as diversas operações/maquinas. No extremo oposto, processa-se um lote com a dimensão previamente planeada sendo este produzido na sua totalidade antes que seja transportado para a próxima operação, originando a criação de *stock* intermédio conduzindo à necessidade da criação áreas de *buffers* de armazenagem temporários no chão-de-fábrica. Assim sendo surgem outros desperdícios associados a este, como por exemplo as movimentações, transportes e área de fabrico desperdiçada. OPF tem muitos benefícios no que diz respeito a eliminação dos desperdícios presentes em uma organização, pois usando este método consegue-se produzir em fluxo contínuo, manter um nível de WIP (*work-in-process*) o mais baixo possível, sendo que na sua perfeição WIP poderá mesmo ser nulo, estimulando assim um equilíbrio do trabalho, uma melhor qualidade e uma série de melhorias do processo (Wilson, 2010).

O método “*one piece flow*” ajuda os fabricantes a atingir a produção *just-in-time*, ou seja, é então possível a produção da peça certa disponibilizada no momento certo e na quantidade certa. Em termos mais simples trabalhar em fluxo contínuo significa que os materiais são movidos através de operação em operação sem criar *stock* intermédio, seja peça a peça ou usando um pequeno lote de cada vez. Este sistema funciona melhor se houver uma disposição celular que possua todo o equipamento necessário desde a transformação da matéria-prima até ao produto final. Para se conseguir atingir o fluxo contínuo tem de existir uma ligação entre as etapas de processamento. Esta ligação pode ser um sistema do

⁷ Informação a partir do site: <http://www.vision-lean.pt>

tipo *pull* (puxado – ou seja o posto de trabalho localizado na posição n+1 é que faz a encomenda de mais uma peça ao posto de trabalho n), ou uma ligação directa conseguindo mesmo o movimento de uma peça por vez, como ilustrado na figura 2.5. O transporte de uma peça por vez é o método ideal porque consegue-se que o produto seja movido de estação em estação sem criar *stock* entre as estações de trabalho (Li S. G. e Rong Y.L., 2009).

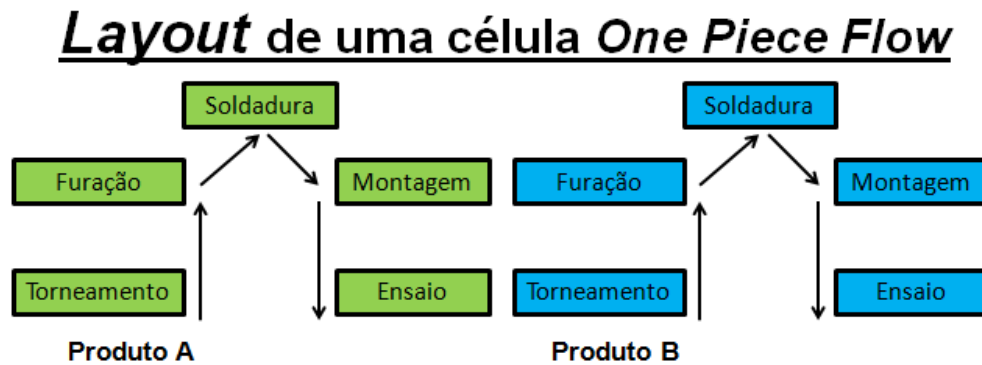


Figura 2.5. Exemplo de uma célula “one piece flow”;

O método *one piece flow* tem como grandes vantagens (Darren Dolcemascolo⁸):

- Melhorar a segurança;
 - Por exemplo: deixa de existir o transporte de grandes lotes de produção (cargas pesadas) entre as operações, pois o lote de produção usando o *one piece flow* será de uma unidade;
- Melhorar o controlo da qualidade;
 - Por exemplo: devido a redução do lote de fabrico para uma unidade por operação, faz com que se a peça estiver a ser produzida com defeito na operação de torneamento (figura 2.5) este possa ser detectado pelo colaborador da operação seguinte (furação) evitando assim as triagens caso se estivesse a produzir em lotes grandes;
- Melhorar a flexibilidade;
 - Devido ao fluxo ser contínuo com um lote de uma peça, faz com que a primeira peça acabada surja mais rápido do que a tradicional produção em grandes lotes, assim sendo consegue-se produzir os pedidos dos clientes em menor tempo;

⁸ Informação a partir do site: <http://www.reliableplant.com>

- Redução do inventário;
 - Com o fluxo de uma peça por vez o WIP é reduzido substancialmente. Usando a figura 2.5 como exemplo, produzindo em fluxo contínuo apenas serão necessários dois contentores, um de entrada e outro de saída, caso as máquinas estivessem afastadas umas das outras e os lotes de produção fossem grandes seriam necessários dois contentores por operação o que perfaz um total de dez contentores.
- Melhorar a produtividade.
 - Muitos desperdícios como o transporte, movimentações e tempos de espera são reduzidos, aumentando assim a produtividade;
- Libertar espaço;
 - Por exemplo: sendo o lote de produção de 3000 peças, e cada contentor ter capacidade de apenas 1000 peças, seria necessário ter espaço livre na fábrica para colocar os contentores que aguardam a sua entrada na operação seguinte.

No entanto existem situações em que não é possível aplicar a produção usando o método *one piece flow*, tais como (Darren Dolcemascolo⁹):

- Se não for possível ter os materiais necessários em quantidade, qualidade ou no tempo certo;
- Se os equipamentos não oferecerem fiabilidade suficiente, ou seja, quando não asseguram continuidade na sua produção. Por exemplo: se os equipamentos estiverem constantemente a parar devido a avarias;
- Se os colaboradores não se adaptarem à mudança;
- Se existir falta de formação dos colaboradores para elaborarem mais que uma tarefa;
- Se existirem tempos de troca de ferramenta elevados;
- Se as operações estiverem muito distantes umas das outras;
- Se o processo não for o mais correcto produzindo constantemente defeitos fará com que a linha de produção esteja sempre a parar;

⁹ Informação a partir do site: <http://www.reliableplant.com>

- Se os tempos de ciclo das operações forem instáveis ou variáveis, criando desequilíbrio entre trabalhadores;
- Se existirem trabalhos ocasionais que interrompam o processo produtivo.

2.9. SÍNTESE

O pensamento *lean* (conceito de minimização de desperdícios) necessita sempre de uma melhoria contínua, tem de ser um processo auto-evolutivo. É necessário encorajar as pessoas a pensar e a resolver problemas, criando valor. Sendo este o grande ponto de partida para o pensamento *lean*, é necessário reconhecer que apenas uma pequena fracção do tempo total e do esforço de uma organização adiciona valor ao cliente. Após definido o valor de um produto na perspectiva do cliente final, todas as actividades que não acrescentem valor (*muda*) devem ser identificadas e reduzidas ou se possível eliminadas. Eliminando o desperdício consegue-se reduzir custos de fabrico bem como dispor de um negócio mais rápido e flexível no mercado. Nunca se deve esquecer que, para que seja possível melhorar a eficiência global das organizações, é necessário contar com as pessoas, atrair, preparar, compensar e fazer seguimento dos seus resultados. Este é um elemento chave.

“ *Pense lean, faça da sua empresa uma empresa vencedora*” (Pinto, 2009)

3. DEFINIÇÃO DO ESTADO ACTUAL

3. DEFINIÇÃO DO ESTADO ACTUAL

Para uma melhor compreensão deste capítulo, será apresentado um esquema (figura 3.1) em que se pode verificar a forma como a empresa Kirchhoff Automotive identifica internamente os seus produtos.

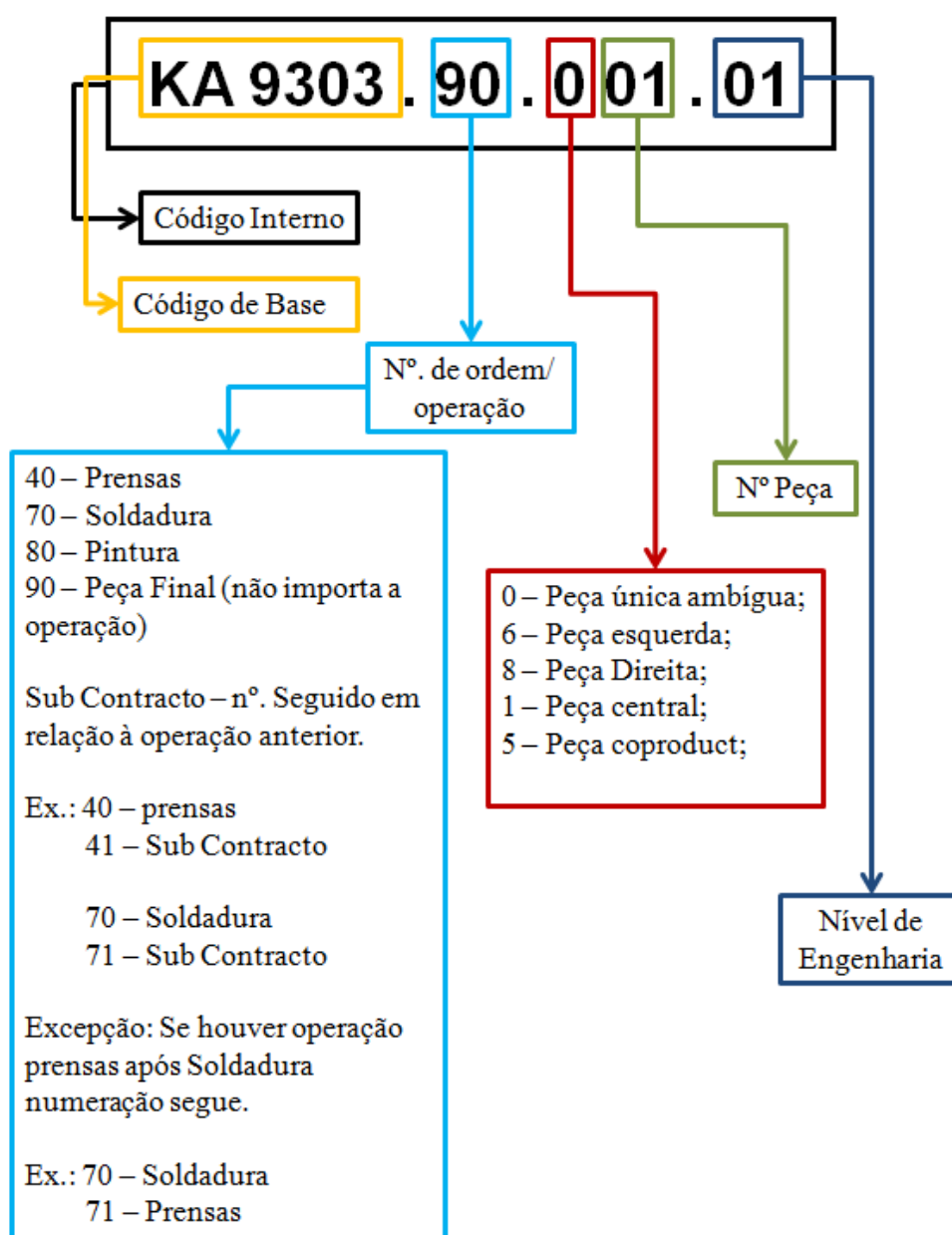


Figura 3.1. Esquema representativo da numeração interna das peças da empresa KA;

De referenciar apenas que na figura 3.1 no quadro vermelho o numero 5 (peça *coproduct*) indica que, é uma peça que vai ser montada numa outra, ou seja não é produto final, mas sim uma peça que irá servir de montagem.

De modo a não tornar o capítulo demasiado repetitivo, será descrito o estado actual do processo de fabrico com mais detalhe para um dos casos de estudo (caso de estudo 1 – Referencia KA 9754). Os restantes casos estudados serão descritos de uma forma mais resumida.

CASO DE ESTUDO 1

Referencia KA 9754 (ASSY MOUNTING SEAT SILL)

Seguindo o *layout* desde a entrada da matéria-prima na empresa até que o produto siga concluído para o cliente, a peça é sujeita a operações de estampagem, corte e de soldadura. A matéria-prima dá entrada no pavilhão Ovar 2 onde aguarda a introdução para a primeira operação de estampagem/corte. A primeira operação (KA9754.40.601/801.01) é efectuada numa prensa automática de 1250 toneladas C.C. 10137 (denominação interna) onde são executadas as primeiras operações de estampagem e corte numa ferramenta progressiva. As peças são colocadas em contentores e são deslocadas pelos empilhadores para a área destinada ao *stock* intermédio situado no pavilhão Ovar 1. Ficando ai a aguardar entrada para a operação seguinte. Na segunda operação (KA9754.41.601/801.01) a peça é deslocada pelos empilhadores para a prensa manual de 400 toneladas C.C. 10375 onde a peça é sujeita a nova operação de estampagem e corte, esta operação é efectuada através de duas estações como se pode verificar na figura 3.2.

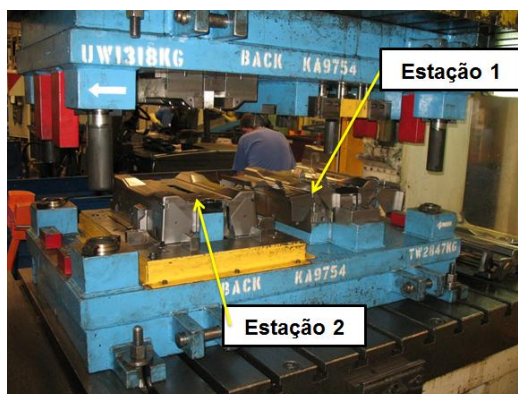


Figura 3.2. Prensa manual de 400 toneladas (operação 41);

Na primeira estação a peça é estampada e na segunda estação a peça termina a estampagem e corte, dando origem a duas peças, uma esquerda (KA9754.41.601.01) e uma direita (KA9754.41.801.01).

No seguimento desta operação de estampagem/corte um contentor de entrada (IN) com 80 peças dá origem a dois contentores de saída (OUT) com 80 peças cada (figura 3.3). Esta operação é efectuada por dois operadores, um operador é responsável por alimentar a prensa na primeira estação e passar as peças da estação 1 para a estação 2 enquanto o segundo operador é responsável por tirar as peças da estação 2 e proceder à sua colocação nos contentores de saída, esta operação tem uma cadência de 210 peças por hora, ou seja, 105 peças esquerdas mais 105 peças direitas.

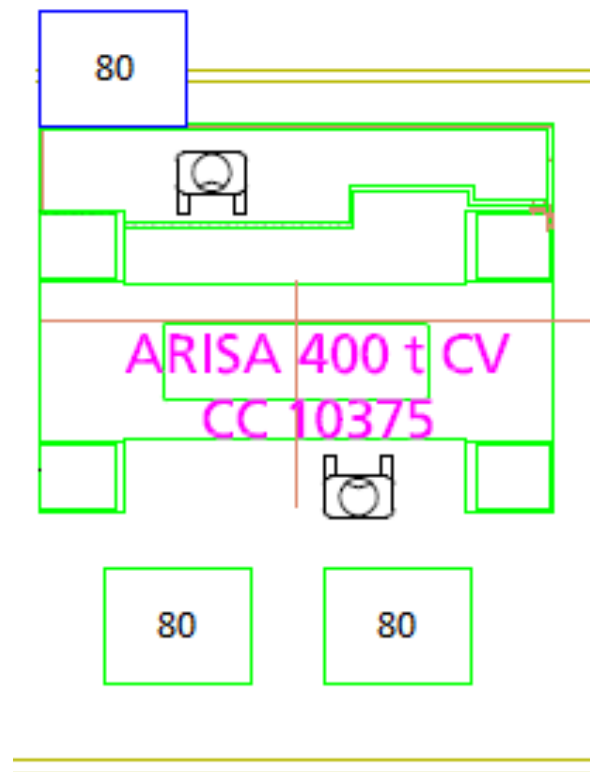


Figura 3.3. Layout da prensa 10375;

Terminada a operação de estampagem/corte os contentores IN são deslocados novamente para a área reservada ao *stock* intermédio aguardando entrada para a nova operação. Posteriormente as peças são deslocadas do *stock* para junto da prensa de soldadura de 250 KVA (C.C. 16048) onde efectua a primeira operação de soldadura, no qual são soldadas duas porcas especiais como se pode ver na figura seguinte.



Figura 3.4. Máquina de soldadura de 250 KVA (Operação 70);

Esta operação é efectuada por um operador com a utilização de dois contentores, um de entrada e um de saída e uma rampa com caixas que contem os componentes a soldar que é abastecida pelo afinador que estiver de serviço. Este *layout* descrito pode ser verificado na figura 3.5. O operador pega numa peça do contentor IN coloca na prensa de soldadura juntamente com as duas porcas especiais e activa os botões de pressão para iniciar o ciclo de soldadura. A primeira porca é soldada e depois a mesa desloca-se de forma automática de modo a soldar a segunda porca. Quando as porcas estiverem soldadas o operador retira a peça da prensa de soldadura e coloca a peça no contentor OUT. Esta operação tem uma cadência de 96 peças por hora. Quando o contentor atingir a sua capacidade máxima (80 peças) este é deslocado pelo empilhador para a zona de *stock* intermédio, esta ferramenta tem um tempo de ajuste de cerca de 20 minutos pois apesar de a ferramenta ser a mesma para a peça esquerda e direita, tem algumas alterações que têm de ser efectuadas pelo afinador.

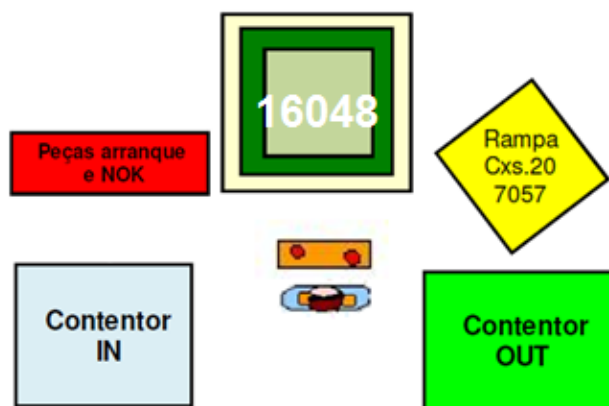


Figura 3.5. *Layout* da prensa de soldadura 16048 (operação 70);

Por fim procede-se à última operação antes de a peça seguir para a expedição, a última operação é efectuada numa prensa de soldadura de 150 KVA (C.C. 16035) onde se procede a soldadura de oito pontos numa ferramenta exterior de duas estações com uma posição intermédia para colocar a peça entre as duas estações como se pode verificar na figura 3.6.



Figura 3.6. Ferramenta exterior para a operação 90 (2 estações);

O operador pega na peça do contentor IN, coloca-a na primeira estação da ferramenta, fecha a porta e aguarda que sejam soldados os 4 pontos iniciais depois abre a porta e retira a peça colocando-a na posição intermédia. Coloca-se outra peça na estação 1. Enquanto a peça solda na estação 1, o operador desloca a peça da posição intermédia para a estação 2. Quando a peça da estação 1 está concluída o operador retira a peça da estação 1 para colocar na estação intermédia iniciando o ciclo de soldadura na estação 2 quando terminar o ciclo de soldadura na estação 2, estando já a estação 1 alimentada, o operador coloca rustilho (GALP RUST AH 23 - Produto formulado para a protecção de peças e superfícies metálicas em geral, preservando-as da humidade e da acção de diversos elementos corrosivos existentes na atmosfera) nos pontos de soldadura e embala a peça repetindo o

ciclo continuamente. Esta operação tem uma cadência de 120 peças por hora. O *layout* desta operação pode ser visto na figura 3.7.

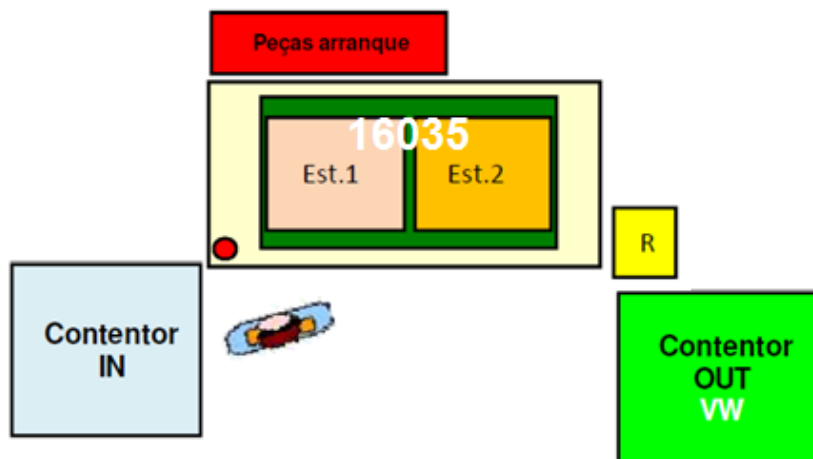


Figura 3.7. Layout da prensa de soldadura de 150 KVA (operação 90);

Resumindo o texto anterior focando as operações, as máquinas (C.C.), as cadências de produção (valor obtido através do cálculo da média de produção durante 3 meses), as taxas de ocupação dos equipamentos (valor retirado de um ficheiro facultado pelo departamento de planeamento em que são consideradas todas as referências fabricadas em cada centro de custo pelo tempo de máquina disponível) e ainda a taxa de ocupação relativa a cada operação (usando o mesmo ficheiro do departamento de planeamento é possível retirar também a percentagem de ocupação da referência em estudo), nos respectivos equipamentos, obtém-se a seguinte tabela:

Tabela 1: Cadências e taxas de ocupação por operação;

Operação	C.C.	Cadências de Produção ¹⁰ (PE/H)	Taxa de ocupação dos Equipamentos ¹¹ (%)	Taxa de Ocupação da Operação (%)
40	10137	960	113%	2%
41	10372	210 (105 + 105)	33%	2%
70	16048	96	118%	25%
90	16035	120	58%	30%

Com base na análise da tabela 1 facilmente se verifica que o “gargalo” do nosso produto é na operação 70, pois é o que poderá limitar a cadência de produção. De notar que a

¹⁰ Cadência de produção: Média das peças produzidas por hora ao longo dos últimos 3 meses de trabalho;

¹¹ Taxa de ocupação dos equipamentos: horas de produção das peças previstas anualmente no equipamento a dividir pelas horas de trabalho anualmente disponíveis;

operação 40 não vai ser considerada para o estudo devido as grandes diferenças de cadências entre as prensas automáticas e as máquinas das restantes operações.

CASO DE ESTUDO 2

Referencia KA 7585 (*SUPPORT – ASM BAT TRAY FRT*)

De uma forma resumida, a peça KA7585 é fabricada através de três operações. A primeira operação (KA7585.40.001.05) é realizada numa prensa automática de 250 toneladas onde é efectuado o corte e a estampagem da peça. Na segunda operação são soldadas duas porcas (operação 70) através da máquina de soldadura (16043) por resistência. Por fim a peça é concluída através da soldadura dois pontos no centro de custo 16035. Entre as operações a peça é colocada em contentores e armazenada na zona de *stock* intermédio, aguardando a ordem de produção para que possa ir avançando até a sua conclusão. A nível de *layout* nas máquinas este é em tudo idêntico as figuras apresentadas no estado actual da peça KA9754, em que se tem um contentor de entrada e um contentor de saída, sendo apenas necessário a presença de um operador por operação. Na tabela 2 é possível observar as cadências de produção, as taxas de ocupação dos equipamentos usados no fabrico da peça KA7585, bem como a percentagem que esta ocupa em cada máquina para a sua produção.

Tabela 2: Cadências e taxas de ocupação por operação;

Operação	C.C.	Cadências de Produção (PE/H)	Taxa de ocupação dos Equipamentos (%)	Taxa de Ocupação da Operação (%)
40	10126	1100	90%	1%
70	16043	227	69%	20%
90	16035	214	66%	17%

CASO DE ESTUDO 3

Referencia KA 7796 (*SUPPORT CALCULATEUR MOT.*)

A peça KA 7796 até a sua conclusão efectua seis operações. A primeira operação é realizada na prensa automática 10131 (400 toneladas) através de uma ferramenta progressiva, onde são realizadas essencialmente operações de corte e alguma estampagem. A segunda operação realiza-se na máquina de soldadura por resistência 16015 no qual são soldados dois parafusos M6 X 30. De seguida são soldadas cinco porcas na máquina de

soldadura 16002. Na quarta operação a peça volta a ser sujeita a operações de estampagem no centro de custo 10375 (prensa manual), para tal, é usada uma ferramenta progressiva de três estações. Normalmente a peça nesta operação é realizada apenas por um operador, mas no caso de ser necessário aumentar a sua cadência de produção a peça pode ser fabricada por dois operadores. Na quinta operação a peça é fabricada numa ferramenta exterior de soldadura por resistência que está ligada através de barramentos a máquina. A ferramenta tem duas estações. Na primeira estação são soldadas duas porcas e na segunda operação são soldados dois pontos, esta operação é realizada por um operador. Por fim as peças são sujeitas a pintura na unidade de Cucujães. Entre as operações as peças são produzidas para contentores, o que gera uma grande quantidade de peças/contentores no WIP. A nível de *layout* presente nas máquinas, não há grandes alterações a registar em relação as apresentadas nas peças descritas neste capítulo. Na tabela 3 pode verificar-se as cadências de produção, as taxas de ocupação dos equipamentos usados no fabrico da peça KA7796, bem como a percentagem que esta ocupa em cada máquina para a sua produção.

Tabela 3: Cadências e taxas de ocupação por operação;

Operação	C.C.	Cadências de Produção (PE/H)	Taxa de ocupação dos Equipamentos (%)	Taxa de Ocupação da Operação (%)
40	10131	930	95 %	1%
70	16015	180	55%	9%
71	16002	138	72%	14%
72	10375	210	33%	9%
73	16060	120	90%	3%
90	Pintura			

Referencia KA 7798 (SUPPORT AVECRAN)

A referência KA 7798 efectua na sua totalidade cinco operações antes de ser entregue ao cliente. A primeira operação é realizada na prensa automática 10127 (250 toneladas) em que a peça é sujeita a operações de corte e estampagem. De seguida a peça é sujeita a nova operação de estampagem na prensa 10135 (250 toneladas). Na terceira operação a peça sofre a sua primeira alteração a nível de soldadura, na qual são soldados dois pontos na máquina 16026 (100 KVA), concluindo as operações de soldadura na máquina 16015 (65 KVA) em que é soldada uma porca. Por fim a peça é transferida para a unidade de

Cucujães para ser pintada seguindo para o cliente. A nível de *layout* das máquinas e processo de manuseamento e armazenamento não há alterações significativas em relação as peças anteriormente referenciadas. Na tabela 4 pode observar-se as taxas de ocupação, as cadências de produção, a percentagem de ocupação dos equipamentos e a percentagem que a peça ocupa em cada equipamento.

Tabela 4: Cadências e taxas de ocupação por operação;

Operação	C.C.	Cadências de Produção (PE/H)	Taxa de ocupação dos Equipamentos (%)	Taxa de Ocupação da Operação (%)
40	10127	1138	98 %	1 %
41	10135	-	-	5%
70	16026	420	42%	5%
71	16015	200	55%	6%
90	Pintura			

Referencia KA 7801 (ASSY MOUNTING SEAT SILL)

A peça KA 7801 é sujeita a quatro operações antes de ser enviada para o cliente, a primeira operação é realizada no centro de custo 10127 (250 toneladas) através de uma ferramenta progressiva, no qual são realizadas as operações de corte e estampagem. Na segunda operação é soldada uma porca na máquina de soldadura (16002) por resistência eléctrica. A terceira operação é efectuada na máquina 16015 onde é efectuada a soldadura de dois pontos. Por fim a peça é pintada na linha de pintura de Cucujães. Mais uma vez a peça é produzida para contentores e armazenada em *stock* entre as diversas operações realizadas. Na tabela 5 pode-se encontrar informação sobre as cadências de produção, taxas de ocupação dos equipamentos e da percentagem de ocupação da peça nesse mesmo equipamento.

Tabela 5: Cadências e taxas de ocupação por operação;

Operação	C.C.	Cadências de Produção (PE/H)	Taxa de ocupação dos Equipamentos (%)	Taxa de Ocupação da Operação (%)
40	10127	980	98 %	0,2%
70	16002	468	72%	1%
71	16015	209	55%	3%
90	Pintura			

Referencia KA 8834 (*SUPPORT BLOC HYDRAULIQUE*)

A peça KA8834 é sujeita a cinco operações, as duas primeiras operações são realizadas nas prensas de soldadura 10127 e 10135, ambas de 250 toneladas em que a peça é sujeita a operações de corte e estampagem. Na terceira operação é soldado um parafuso na máquina de soldadura por resistência eléctrica 16015 (65 KVA). Concluindo as suas operações de na máquina 16033 no qual é soldada uma porca. Por fim a peça é pintada e enviada para o cliente. A nível de *layout*, manuseamento e armazenamento é em tudo idêntico as anteriores. Na tabela 6 encontra-se a informação relativa as cadências de produção e taxas de ocupação dos equipamentos e da operação em causa.

Tabela 6: Cadências e taxas de ocupação por operação;

Operação	C.C.	Cadências de Produção (PE/H)	Taxa de ocupação dos Equipamentos (%)	Taxa de Ocupação da Operação (%)
40	10127	1048	98 %	0,2%
41	10135	-	-	5%
70	16015	395	55%	1%
71	16033	322	114%	2%
90	Pintura			

Resumindo, foram apresentadas seis peças que serão usadas como objecto de estudo no próximo capítulo. O primeiro e segundo casos de estudo baseiam-se em uma peça cada e o terceiro caso de estudo engloba as restantes 4 peças descritas neste capítulo.

4. PROPOSTAS E A SUA DISCUSSÃO

4. PROPOSTAS E A SUA DISCUSSÃO

One piece flow para os casos de estudo apresentados não foi analisado ao longo de todo o processo produtivo pelo facto das peças serem fabricadas em dois pavilhões diferentes, em que para além de uma grande diferença de cadências de produção das prensas automáticas para as restantes operações nas prensas manuais e nas máquinas soldadura, implicaria investimentos elevados devido à necessidade de alterar as prensas manuais e máquinas de soldadura do pavilhão Ovar 1 para o pavilhão Ovar 2.

Os estudos apresentados ao longo deste capítulo consistem em trabalhos efectuados apenas no pavilhão Ovar 1 incluídos principalmente na zona de soldadura 1 (Anexo 2), deixando assim de parte o objectivo de encontrar a solução “ideal”, ou seja, a aplicação do *one piece flow* na sua totalidade mas sim efectuar estudos de melhoria do processo produtivo conseguindo aplicar o fluxo de uma peça por vez, parcialmente entre algumas operações reduzindo assim alguns desperdícios ao longo do fabrico das peças. Como por exemplo, contentorizações desnecessárias, movimentações e transporte de contentores entre as operações e a zona de *stock* intermédio.

4.1. CASO DE ESTUDO 1

O caso de estudo 1 tem como base a peça com a referência abreviada KA 9754 (figura 4.1). Como ficou claro pela descrição do processo produtivo e apesar da análise se basear apenas no pavilhão Ovar 1, verifica-se que esta referência pode ser objecto de melhoria ao longo do seu processo produtivo.

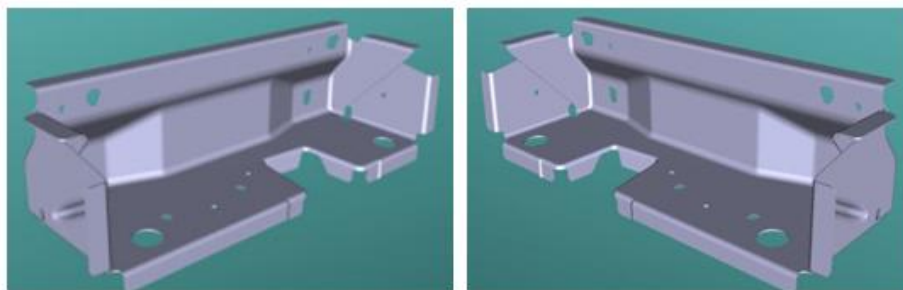


Figura 4.1. Peça KA 9754.90.601.01/ KA 9754.90.801.01;

De modo a tornar a leitura mais leve e clara a partir de agora a máquina de soldadura 16048 será denominada máquina A1, a máquina 16035 de máquina B1 e por fim a máquina 16043 de máquina C1.

Assim sendo optou-se por uma alternativa mais simples, na qual se pretende efectuar o fluxo contínuo entre as duas últimas operações,

- 1ª operação – soldar duas porcas especiais (Máquina A1);
- 2ª operação – soldar oito pontos (Máquina B1);

Isto sem duplicar as ferramentas, ou seja, apesar de a última operação de estampagem produzir um contentor de peças KA9754.70.601 e um contentor KA9754.70.801, esta solução irá fazer com que apenas se possa fabricar uma referência de cada vez.

Como se pode verificar pela planta de Ovar 1 ampliada na secção das máquinas de soldadura (Anexo 1) máquina A1 e máquina B1 estão afastados uma da outra e assim sendo não será possível efectuar o fluxo contínuo entre elas sem as alterar de local. Como alternativa analisaram-se as características das prensas que rodeiam as máquinas A1 e B1 de forma a encontrar uma prensa alternativa que consiga satisfazer aos parâmetros de soldadura exigidos pelo cliente.

Utilizando a base de dados disponibilizada pela engenharia do processo sobre as máquinas de soldadura e as fichas de parâmetros de soldadura para a referência em causa, verificou-se que a máquina C1 seria a solução mais válida entre as prensas alternativas à máquina B1, devido a esta se encontrar ao lado da máquina A1 facilitando assim o fluxo contínuo da peça. De modo validar a máquina C1 como alternativa à máquina B1 (2ª operação - 8 pontos de soldadura) efectuou-se um ensaio de modo a proceder à programação da prensa e afinar os parâmetros de soldadura para a peça KA 9754, no qual se pode concluir que de facto a máquina C1 é uma alternativa válida à máquina B1 para a referência KA 9754, porque a peça corresponde com os requisitos de soldadura impostos pelo cliente.

Depois de verificar que seria possível efectuar o fluxo contínuo entre as máquinas A1 e C1, procedeu-se à seguinte análise focando os seguintes pontos para o estado actual:

- Taxas de ocupação dos centros de custo;

- Cadência de produção (Gama vs Real);
- *Stock* entre operações (Nº contentores);
- Custo do centro de custo.

Comparando-os posteriormente com os da proposta efectuada a qual acrescem os pontos:

- Espaço liberto no chão de fábrica/armazém;
- Ganhos possíveis.

Taxas de ocupação dos centros de custo

Actual (*Layout* soldadura)

Como se pode verificar na figura 4.2, tanto a taxa de ocupação prevista (CME) como a real (SAP¹²) para a máquina A1 estão acima da sua capacidade de produção. Mas tendo em conta que a referência que se pretende colocar em fluxo contínuo efectua a sua primeira operação na máquina A1, não se prevê um agravamento da taxa de ocupação, porque esta não vai ser alterada, ou seja a primeira operação continuará a ser realizada na máquina A1.

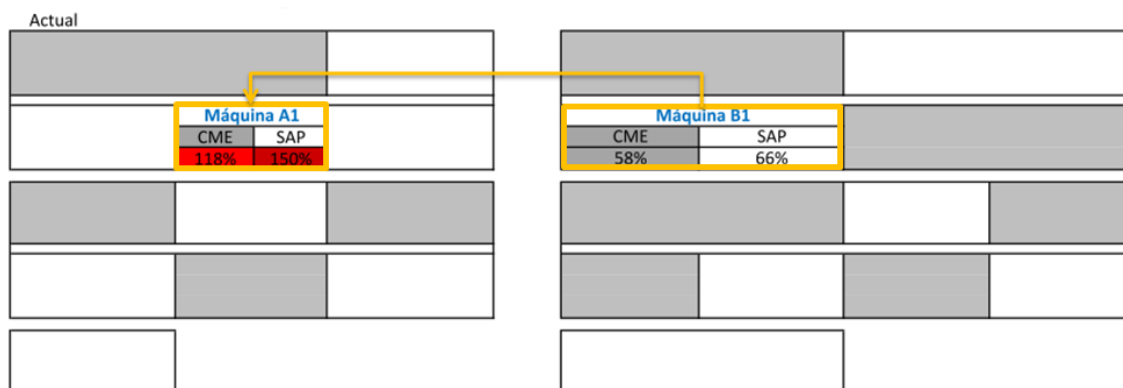


Figura 4.2. Esquema do *layout* da soldadura com as taxas de ocupação actual;

Proposta (*Layout* soldadura)

Pela análise da figura 4.3 verifica-se que ao passar a segunda operação da referência KA 9754 para a máquina C1 esta fica no seu limite de produção real (SAP) com uma taxa de ocupação de 99%¹³. Juntamente com o departamento de planeamento da empresa foi

¹² SAP - Programa de gestão (dados de produção, stocks, vendas, encomendas, custos, facturação, etc)

¹³ Taxa calculada a partir de folhas em formato Excel, fornecidas pelo departamento de Planeamento da empresa;

possível encontrar uma peça que pode ser deslocada da máquina C1 para a máquina 16037 aliviando desta forma a taxa de ocupação da máquina C1. Por outro lado verifica-se que a máquina B1 irá baixar bastante a sua taxa de ocupação, ficando assim disponível para arrecadar novos projectos que possam vir a surgir, ou até aliviar outras máquinas que estejam a trabalhar acima das suas capacidades.

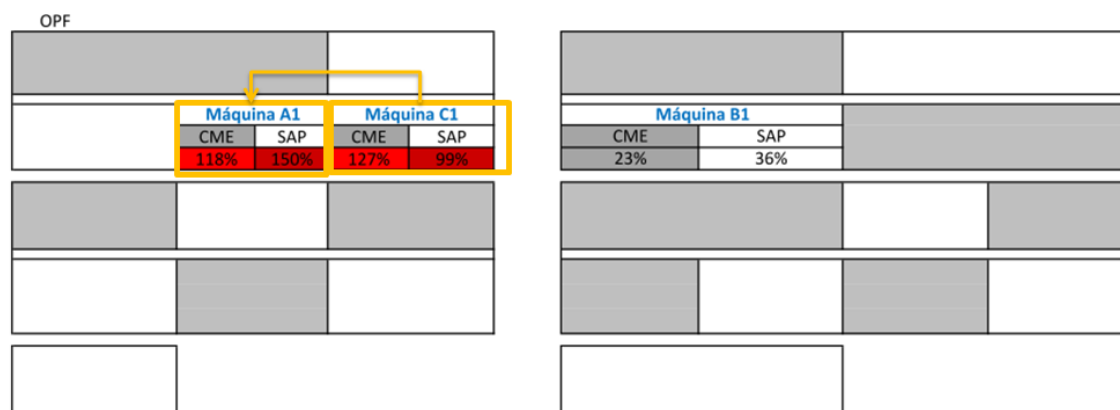


Figura 4.3. Esquema do *layout* da soldadura com as taxas de ocupação proposto;

Cadências de produção Gama vs Real (actual)

Verifica-se através da tabela 7, que existem algumas diferenças entre a cadência inicialmente prevista pela gama de fabrico e a produção real, o que não se torna um obstáculo para o estudo que se pretende. O dado realmente relevante a retirar da tabela 7 é de facto a diferença real entre as duas operações ser de 10 peças por hora, o que significa que o nosso “gargalo” encontra-se na máquina B1, não sendo este de todo preocupante.

Tabela 7: Cadências de produção¹⁴ actual das máquinas A1 e B1;

Máquina A1		Máquina B1		Diferença	
Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)
96	102	120	92	24	10

¹⁴ As cadências de produção foram calculadas através da produção registada no sistema SAP nos últimos 3 meses de trabalho. Efectuou-se uma média entre o lote produzido pelo número de horas que este demora a ser produzido.

Cadências de produção Gama vs Real (proposta/prevista)

Observando a tabela 8 prevê-se uma queda da produção real na máquina A1 de 102 peças para 92 atingindo assim a produção da nossa operação “gargalo” na máquina B1. No entanto prevê-se que a produção possa aumentar um pouco pelo facto do operador(a) da máquina A1 não ter de se preocupar com a colocação da peça no contentor mas sim na rampa que irá transportar a peça até a máquina B1, o mesmo acontece com o operador(a) desta máquina que não terá de retirar a peça do contentor de entrada.

Tabela 8: Cadência de produção prevista das máquinas A1 e B1;

Máquina A1		Máquina B1		Diferença	
Gama	Real	Gama	Real	Gama	Real
96	92	120	92	24	0

Stock entre operações (actual)

Na tabela 9 é possível identificar o lote de produção médio para a referência em estudo bem como o número de contentores necessários para armazenar esse mesmo lote. Assim sendo verifica-se que são necessários 25,2 m² (equação 1 e 2) para guardar os 21 contentores de *stock* entre as duas operações.

$$area_{contentor} = 1.0\text{ m} * 1.2\text{ m} = 1.2\text{ m}^2 \quad (\text{equação 1})$$

$$area_{armazém} = 1.2\text{ m}^2 * 21 = 25,2\text{ m}^2 \quad (\text{equação 2})$$

Tabela 9: Dados relativo ao *stock* entre as duas últimas operações;

Soldadura (em lotes)				
Nº Peças Soldadas/ Lote médio	Nº Contentores/ Lote médio	Área necessária (Armazém [m ²])	Nº Contentores/ Processo	Área necessária (Chão de Fábrica [m ²])
1660	21	25,2	4	4,8

Espaço liberto no chão de fábrica/armazém (proposto)

Com a alteração proposta será possível poupar 21 contentores bem como o espaço por eles ocupado no *stock* intermédio pois a peça KA9754 deixará de ser produzida para contentores para passar a ser produzida em fluxo contínuo entre as duas máquinas tendo

assim o tamanho de 1 peça por lote nas duas últimas operações de fabrico da peça. Evita-se a necessidade do transporte dos contentores para o *stock* e do *stock* para a máquina B1, evitando 42 viagens do empilhador. Conseguindo deste modo poupar 126 minutos de trabalho (3 minutos¹⁵ – tempo médio de cada viagem).

Tabela 10: Dados relativos ao espaço liberto entre as operações;

Soldadura (One-Piece-flow)				
Nº Peças/ Lote	Nº Contentores Lote	Área Ganha (Armazenamento [m2])	Nº Contentores/ Processo	Área Ganha (Chão de Fábrica [m2])
1	0	25,2	2	2,4

Custo da máquina (Actual)

Através dos dados fornecidos pelo departamento de controlo de gestão foi possível efectuar uma análise sobre o custo actual de uma peça tendo em conta o preço/hora das máquinas envolvidas no estudo, podem verificar-se esses dados na tabela 11.

Tabela 11: Dados dos custos antes da alteração;

	Preço/hora (€)	Peças/Hora	Custo/Peça (€)	Peças Fim Projecto	Custo Total (€)
16048	7,83	102	0,0768	597.013	45.829,53
16035	6,76	92	0,0735	597.013	43.867,48
Total			0,1502		89.697,00

Custo da máquina (proposta)

A alteração prevista irá afectar as cadências de produção bem como a máquina onde se irá realizar a última operação. O fluxo contínuo entre as duas máquinas, isto é, o lote de produção de 1 peça de cada vez tem como consequência uma queda de 10 peças por hora na cadência de produção na máquina A1. Assim sendo vai haver um acréscimo do custo por peça, tornando a operação mais dispendiosa. No entanto, este acréscimo é aligeirado pelo facto do custo da máquina C1 ser ligeiramente inferior ao da máquina B1. Resumindo, caso não se consiga um aumento da produção prevista para o fabrico em fluxo contínuo,

¹⁵ Tempo estimado através do cálculo da média de 52 registos de tempos entre os sectores (soldadura 1 e *stock* intermédio)

esta alteração a nível de fabrico das peças na máquina proposta torna-se mais dispendiosa, como se pode verificar na tabela 12.

Tabela 12: Dados dos custos após a alteração;

	Preço/hora (€)	Peças/Hora	Custo/Peça (€)	Peças Fim Projecto	Custo Total (€)
16048	7,83	92	0,0851	597.013	50.811,00
16043	6,73	92	0,0732	597.013	43.672,80
Total			0,1583		94.483,80

Estimativa dos ganhos possíveis (proposta)

Com a alternativa apresentada conseguem-se poupar 23 contentores (21 armazém + 2 no chão de fabrica), e sabendo que cada contentor tem um preço de 167,50 € é possível poupar 3852,50 €, este valor foi considerado para o estudo, pelo facto de a empresa estar constantemente a comprar contentores para os novos projectos.

Vai ser possível também obter ganhos consideráveis nas movimentações desnecessárias do empilhador e também no tempo disponível do condutor que não terá de efectuar as respectivas deslocações, estes podem ser verificados na tabela 13 e 14.

Tabela 13: Tempo ganho nas movimentações até fim do projecto;

Tempo médio estimado Operação (s)	Nº Movimentos/Lote médio	Nº Setup ¹⁶	Tempo Total (s)	Tempo Total (h)
94,47	21	360	713491,6749	198,19

Tabela 14: Ganhos obtidos devido aos transportes desnecessários;

	Preço/Hora ¹⁷	Tempo Total (h)	Ganho (€)
Empilhador	1,99 €	198,19	394,38 €
Operador	8,22 €	198,19	1.629,12 €

Depois de calcular os ganhos obtidos pelos desperdícios possíveis de quantificar monetariamente e sabendo que o custo de alteração do fabrico da peça nas diferentes

¹⁶ Calculado através do número de peças até ao fim do projecto a dividir pelo lote médio de produção;

¹⁷ Dado fornecido pelo departamento de gestão e controlo;

máquinas é de 4786,79 € até ao final do projecto. Verifica-se através da tabela 15 que se consegue um ganho estimado de 1089,21 euros, até a conclusão do projecto.

Com base no ganho obtido até a conclusão do projecto, deu-se inicio a preparação da alteração. Para tal foi necessário programar a máquina C1 com o respectivo programa de soldadura, usando os parâmetros que garantem a qualidade de peça requerida pelo cliente. Após as máquinas estarem preparadas para a alteração, efectuou-se um ensaio usando o fluxo contínuo entre as duas máquinas. Durante o ensaio foi possível observar que o fluxo entre as duas máquinas fluía normalmente conseguindo mesmo obter-se uma cadência de produção ligeiramente superior (98 peças/hora) à usada para os cálculos (92 peças/hora). Ficando desta forma as máquinas prontas para a produção em “*one piece flow*”.

Tabela 15: Tabela representativa dos ganhos estimados ao longo do projecto;

	Ganho (€)	Custo (€)	Total (€)
Contentores	3852,50		
Área no chão de fábrica			
Área Armazém			
Movimentações Empilhador	394,38		
Empilhadorista	1629,12		
Lead Time			
Custo Alteração		- 4786,79	
Total	5876,00	- 4786,79	1089,21

4.2. CASO DE ESTUDO 2

O segundo caso de estudo baseia-se na peça KA7585 (figura 4.4). De uma forma resumida e focando a zona de soldadura 1 (anexo 1) a peça em questão efectua duas operações de soldadura.

De modo a tornar a leitura mais leve e clara a partir de agora a máquina de soldadura 16043 será denominada máquina A2 e a prensa 16035 de máquina B2.



Figura 4.4. Peça KA7585;

Uma primeira operação em que são soldadas duas porcas como se verifica na imagem acima, na máquina A2, e por fim uma segunda operação em que são soldados dois pontos na máquina B2, como se pode verificar na imagem a baixo (figura 4.5).

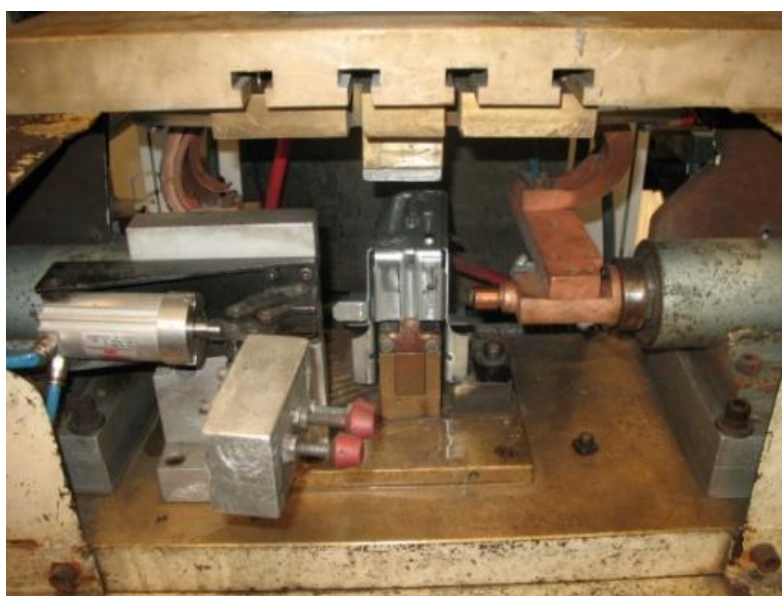


Figura 4.5. Segunda operação da peça KA 7585;

Para esta situação foi analisada uma alternativa, esta passou por juntar as duas ferramentas numa só em forma de “L”, conseguindo assim realizar as duas últimas operações desta peça num só centro de custo. Esta proposta será apresentada de seguida, usando a mesma sequência do caso de estudo 1.

Taxas de ocupação dos centros de custo

Actual (*Layout* soldadura 1)

Pela observação da figura 4.6, verifica-se que as máquinas têm capacidade disponível. Como se pretende estudar a possibilidade de fabricar uma ferramenta que consiga efectuar as duas operações numa só máquina, neste caso a máquina A por ser uma máquina mais potente (200 KVA) garantindo assim a qualidade da soldadura, é necessário verificar se esta terá disponibilidade suficiente para a alternativa.

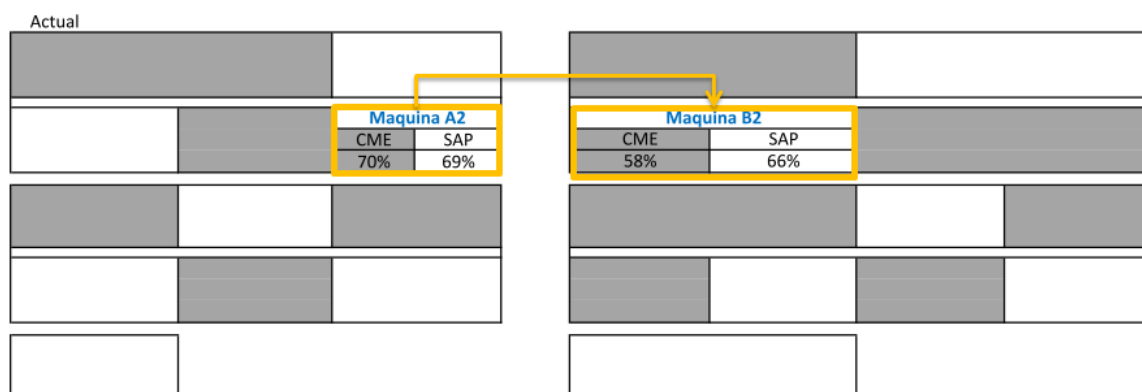


Figura 4.6. Esquema do *layout* da soldadura com as taxas de ocupação actual;

Proposta (*Layout* soldadura)

Para o cálculo das novas taxas de ocupação dos centros de custo, verificou-se que o tempo de fabrico de um lote de produção em cada operação era bastante idêntico. Seguindo a política da empresa no que diz respeito a normas de soldadura, que indicam que só é possível efectuar uma soldadura de cada vez, o tempo de fabrico de um lote de produção do conjunto numa só ferramenta foi calculado de uma forma muito simplificada. Assim sendo foi considerado que a peça KA 7585 antes ocupava 6 horas para a produção de um lote na máquina A2 e ocupava 5 horas para o fabrico de um lote na segunda operação assim sendo estimou-se para efeitos de cálculo que esta ocuparia 11 horas/lote para efectuar as duas operações na máquina A2. Como se pode observar na figura 4.7 isso faria com que a máquina de soldadura em questão ficasse a trabalhar no seu limite de taxa de ocupação.

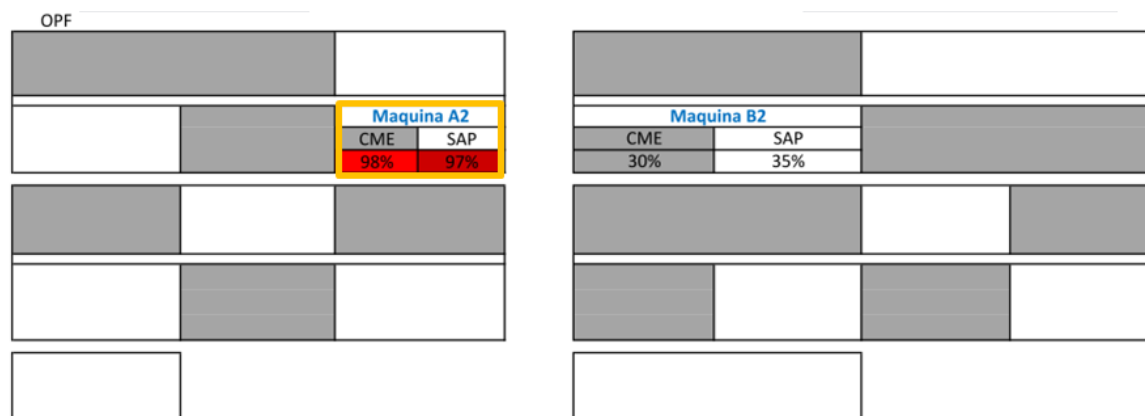


Figura 4.7. Esquema do *layout* da soldadura com as taxas de ocupação previstas;

Cadências de produção Gama vs Real (actual)

Verificam-se algumas diferenças entre as cadências de produção relativamente as calculadas pela gama de controlo em relação ao registo das peças fabricadas nas máquinas. Mas o dado importante a retirar da tabela 16 para a realização deste estudo são as cadências de produção reais permitindo assim verificar o tempo que demora a efectuar um lote de produção em cada máquina.

Tabela 16: Cadências de produção actual dos C.C. 16043 e 16035

Máquina A2		Máquina B2		Diferença	
Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)
270	227	300	214	30	13

Cadências de produção Gama vs Real (proposta/prevista)

Como já foi referenciado foi estimado que a peça KA 7585 ocuparia 11 horas na máquina A2 para efectuar as duas operações, em vez das actuais 6 horas para efectuar apenas uma operação. Assim sendo fez-se a estimativa das peças produzidas por hora da seguinte forma:

$$6 \text{ horas} * 214 \text{ peças} = 1284 \text{ peças} \quad (eq. 3)$$

Como foram estimadas 11 horas para a mesma produção de 1284 peças, irão ser produzidas:

$$\frac{1284 \text{ peças}}{11 \text{ horas}} \approx 120 \text{ peças/hora} \quad (\text{eq. 4})$$

No entanto para efeitos de cálculos para a alteração proposta foram consideradas 125 peças por hora pois o operador poderá ganhar algum tempo devido as contentorizações que já não necessitará de fazer.

Tabela 17: Cadência de produção prevista dos C.C. 16043;

Máquina A2	
Gama (PE/H)	Real (PE/H)
125	-

Stock entre operações (actual)

Como a peça KA7585 é uma peça relativamente pequena são apenas necessários 3 contentores para armazenar o lote médio de produção, ocupando assim uma área de 3,6 m² em armazém. Estes dados podem ser verificados na tabela 18.

Tabela 18: Dados relativo ao *stock* entre as duas últimas operações;

Soldadura (em lotes)				
Nº Peças Soldadas/ Lote médio	Nº Contentores/ Lote médio	Área necessária (Armazém [m ²])	Nº Contentores/ Processo	Área necessária (Chão de Fábrica [m ²])
1300	3	3,6	4	4,8

Espaço liberto no chão de fábrica/armazém (proposto)

Implementando o fluxo contínuo entre as duas operações, será possível ganhar 2 contentores no processo conseguindo assim libertar 2,4 m² no chão de fábrica bem como o espaço de 3 contentores na zona de *stock* intermédio.

Tabela 19: Dados relativos ao espaço liberto entre as operações;

Soldadura (One-Piece-flow)				
Nº Peças/ Lote	Nº Contentores Lote	Área Ganha (Armazenamento [m ²])	Nº Contentores/ Processo	Área Ganha (Chão de Fábrica [m ²])
1	0	3,6	2	2,4

Custo da máquina (Actual)

Analisando os custos actuais da referência KA7585 verifica-se que o custo de cada peça ronda os 0,0612 €. Prevê-se assim que o projecto tenha um custo de cerca de 37 mil euros até ao seu termo. Estes valores podem ser consultados na tabela 20.

Tabela 20: Dados dos custos após a alteração;

	Preço/hora (€)	Peças/Hora	Custo/Peça (€)	Peças Fim Projecto	Custo Total (€)
16043	6,73	227	0,0296	599.385	17.770,31
16035	6,76	214	0,0316	599.385	18.933,84
Total			0,0612		36.704,16

Custo da máquina (Proposta)

Pela análise da tabela 21 verifica-se que pelo facto da referência começar a ser executada apenas numa máquina, mesmo que a uma cadência de produção muito inferior às cadências conseguidas aquando das operações separadas, obtém-se um custo de peça inferior, conseguindo assim tornar o projecto menos dispendioso em cerca de 4.400 euros.

Tabela 21: Dados dos custos após a alteração;

	Preço/hora (€)	Peças/Hora	Custo/Peça (€)	Peças Fim Projecto	Custo Total (€)
16043	6,73	125	0,0538	599.385	32.270,89
			0,0612		36.704,16
Custo alteração			-0,0074		-4.433,27

Estimativa dos ganhos possíveis (proposta)

Para que seja possível avançar com esta proposta, é necessário verificar se os ganhos obtidos com a alteração são superiores aos gastos necessários para a sua implementação. Pela análise da tabela 22 verifica-se que tal não acontece, pois o investimento para a realização de uma nova ferramenta, cerca de 15 mil euros (orçamento fornecido internamente pelo responsável da ferramentaria) não é totalmente coberto pelos ganhos conseguidos pela proposta apresentada. A alteração faria com que a referência em causa

custasse aproximadamente mais 2 mil euros até ao fim do projecto. Assim sendo não foi efectuada nenhuma alteração para a peça KA 7585.

Tabela 22: Ganhos possíveis caso de estudo 2;

	Ganho (€)	Custo (€)	Área (m ²)	Total
Contentores	1.507,50			
Área no chão de fábrica			2,4	
Área Armazém			10,8	
Movimentações Empilhador	327,96			
Empilhadorista	1.743,13			
Lead Time				
Tempo Operário	3.031,54			
Tempo Afinador	1.976,15			
Tempo Máquina	4.433,27			
Qualidade				
Custo Alteração	0,00	- 15.000,00		
Total	+ 13.019,55	- 15.000,00		- 1.980,45

4.3. CASO DE ESTUDO 3

O caso de estudo 3 não se baseia simplesmente num referência mas sim em quatro sendo elas as peças KA 7796, KA 7798, KA 7801 e KA 8834 (figura 4.8). Este caso de estudo surgiu através da construção dos diagramas do tipo “esparguete” (caminho percorrido por um produto na medida que ele é movimentado ao longo do fluxo de valor - Anexo 4) da zona de soldadura 1 e pela verificação que as operações que estas sofrem serem de certo modo idênticas. Assim sendo verificou-se a possibilidade de juntar as 4 peças em duas máquinas. Inicialmente pensou-se em colocar estas duas máquinas em “L” dedicando-as a estes 4 projectos. Depois de constatar que a sua taxa de ocupação seria demasiado baixa decidiu-se efectuar o estudo para o fluxo contínuo das peças em linha permitindo assim que as máquinas ficassem disponíveis para outras peças para além das envolvidas neste estudo.

As sequências de operações por que passam estas quatro referências podem ser lembradas através da consulta do capítulo 3 deste documento. No entanto, para este caso de estudo, o foco recai nas operações de soldadura que as peças sofrem na zona de

soldadura 1. Deixando assim de produzir as peças para contentores, acumulando vários tipos de desperdícios, e passando a produzir de uma máquina para a outra usando uma rampa para o transporte das peças.

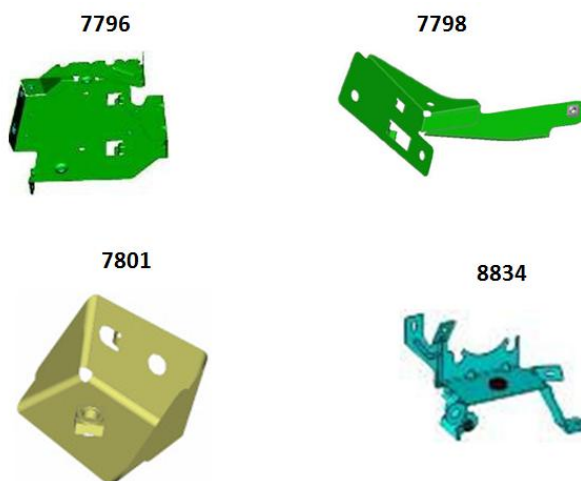


Figura 4.8. Peças envolvidas no caso de estudo 3;

Seguindo a mesma sequência dos casos de estudo anteriores, apresenta-se de seguida a análise efectuada para as 4 referências presentes na figura 4.8. Para o caso da peça KA7796, na operação 70, solda 2 parafusos e na seguinte 5 porcas. A peça KA 7801 solda uma porca na 1ª operação seguindo-se a solda de 2 pontos. O mesmo acontece para a peça 7798. Por fim, a referência 8834, solda na primeira operação um parafuso e de seguida uma porca.

De modo a tornar a leitura mais leve e clara a partir de agora a máquina de soldadura 16002 será denominada máquina A3, a máquina 16015 de máquina B3, a máquina 16026 de máquina C3 e por fim a máquina 16033 de máquina D3.

Taxas de ocupação dos centros de custo

Actual (*Layout* soldadura)

A figura abaixo mostra as máquinas nas quais as peças deste caso de estudo são fabricadas, e, como se pode verificar, a única máquina que poderia causar algum transtorno para este estudo seria a máquina D3 por encontrar-se a trabalhar acima das suas capacidades.

Legenda da figura 4.9:

7796 → Máquina B3 → Máquina A3
 7798 → Máquina C3 → Máquina B3
 7801 → Máquina A3 → Máquina B3
 8834 → Máquina B3 → Máquina D3

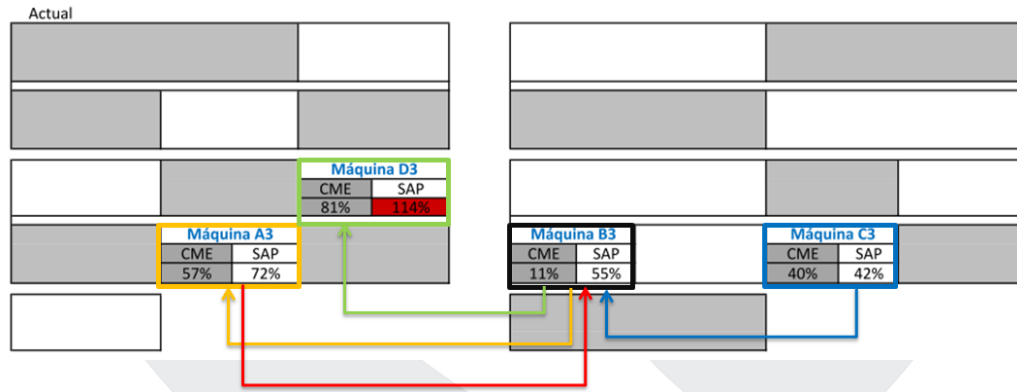


Figura 4.9. Taxas de ocupação caso de estudo 3;

Proposta (*Layout* soldadura)

Depois de verificar quais as máquinas mais indicadas para produzir estas 4 peças procedeu-se ao cálculo das taxas de ocupação. Como se pode observar na figura 4.10, além de se conseguir aliviar um pouco as taxas de ocupação das máquinas A3 e D3, as máquinas responsáveis pelo fluxo contínuo (máquina B3 e máquina C3) continuaram a trabalhar abaixo das suas capacidades, ficando assim disponíveis para novos projectos. A maior dificuldade neste caso é que as máquinas não se encontram lado a lado, tendo entre elas uma máquina de mesa rotativa dedicada a um projecto recente. Assim sendo será necessário proceder à troca de duas máquinas de soldadura.

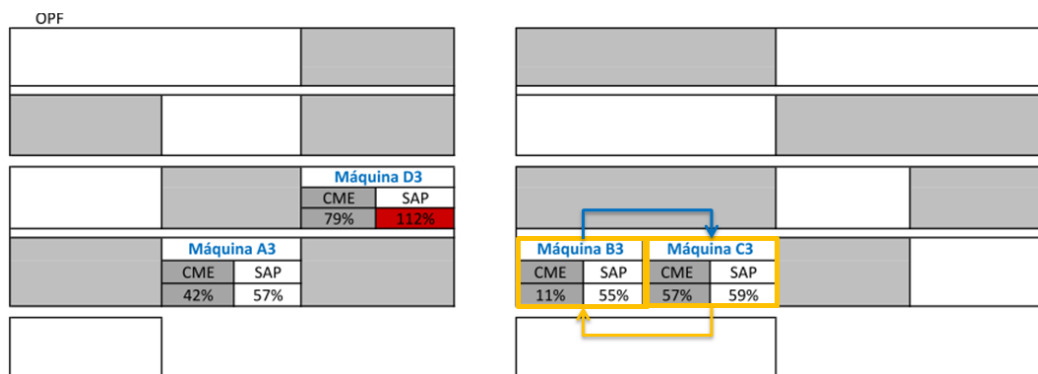


Figura 4.10. Proposta do novo *layout* para o caso de estudo 3;

Cadências de produção Gama vs Real (actual)

Na tabela 23 estão presentes as cadências de produção das peças analisadas para este estudo. Verifica-se que existem grandes diferenças entre as cadências de produção da primeira para a segunda operação. Esta diferença é mais acentuada na peça KA 7801, com uma diferença de 330 peças/hora em gama e 259 peças/hora na produção real, tornando necessário encontrar outras actividades que o/a colaborador(a) da máquina de maior cadência possa efectuar, como por exemplo, o abastecimento das máquinas com os componentes a soldar nas peças, ou até mesmo um controlo mais rigoroso na verificação da qualidade da peça.

Tabela 23: Cadência de produção gama vs real (actual);

	Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)
	Máquina B3		Máquina A3		Diferença	
7796	180	148	138	97	42	106
	Máquina C3		Máquina B3		Diferença	
7798	360	420	300	200	60	220
	Máquina A3		Máquina B3		Diferença	
7801	450	468	120	209	330	259
	Máquina B3		Máquina D3		Diferença	
8834	360	395	270	322	90	73

Cadências de produção Gama vs Real (proposta/prevista)

De uma forma simples definiu-se a cadência de produção mais baixa como sendo a cadência prevista para a realização do fluxo contínuo entre as operações das peças envolvidas neste estudo. No entanto como se verificou um pequeno aumento na cadência de produção pelo ensaio realizado no primeiro caso de estudo, prevê-se do mesmo modo que estas peças possam sofrer um pequeno aumento dessa cadência. Assim, definiram-se como cadências de produção para efeito de estudo as presentes na tabela 24.

Tabela 24: Cadência de produção gama vs real (proposta/prevista);

	Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)	Gama (PE/H)	Real (PE/H)
	Máquina B3		Máquina A3		Diferença	
7796	180	100	138	100	42	0
	Máquina C3		Máquina B3		Diferença	
7798	360	205	300	205	60	0
	Máquina A3		Máquina B3		Diferença	
7801	450	215	120	215	330	0
	Máquina B3		Máquina D3		Diferença	
8834	360	325	270	325	90	0

Stock entre operações (actual)

É possível através da tabela 25 verificar os lotes médios de produção para cada peça, bem como a quantidade de contentores necessários para armazená-las. No total para as 4 peças são usados actualmente 18 contentores entre as operações em estudo, sendo necessários 21,6 m² para armazená-los.

Tabela 25: Stock actual entre as operações em estudo;

	Soldadura (em lotes)				
	Nº Peças Soldadas/ Lote médio	Nº Contentores/ Lote médio	Área necessária (Armazém [m ²])	Nº Contentores/ Processo	Área necessária (Chão de Fábrica [m ²])
7796	2430	11	13,2	4	4,8
7798	1475	4	4,8	4	4,8
7801	1910	1	1,2	4	4,8
8834	600	2	2,4	4	4,8

Espaço liberto no chão de fábrica/armazém (proposto)

Com o fluxo contínuo entre as operações de soldadura, o lote de produção passará a ser uma peça conseguindo deste modo libertar 18 contentores. Para além do espaço liberto

(21,6 m²) na zona de *stock* intermédio serão ainda poupadas cerca de 36 viagens que o empilhador teria de efectuar para transportar os contentores.

Tabela 26: *Stock* proposto entre as operações em estudo;

	Soldadura (One-Piece-Flow)				
	Nº Peças/ Lote	Nº Contentores Lote	Área Ganha (Armazenamento [m2])	Nº Contentores/ Processo	Área Ganha (Chão de Fábrica [m2])
7796	1	0	13,2	2	2,4
7798	1	0	4,8	2	2,4
7801	1	0	1,2	2	2,4
8834	1	0	2,4	2	2,4

Custo da máquina (Actual)

Tal como nos casos de estudos interiores foi efectuada uma análise sobre o custo de fabrico das peças por centro de custo até ao ser termo. Verifica-se através desta análise que existe uma peça (KA 7801) que está perto do seu fim, faltando apenas o fabrico de cerca de 20 mil peças. Pela tabela 27 observa-se que as 4 peças custam no total, até deixarem de ser fabricadas, cerca de 20 mil euros.

Tabela 27: Custos das máquinas (actuais);

		Preço/hora (€)	Peças/Hora	Custo/Peça (€)	Peças Fim Projecto	Custo Total (€)
7796	16015	6,37	148	0,0430	95.853	4.125,56
	16002	7,47	97	0,0770	95.853	7.381,67
7798	16026	8,46	420	0,0201	95.920	1.932,10
	16015	6,37	200	0,0319	95.920	3.055,05
7801	16002	7,47	468	0,0160	19.170	305,98
	16015	6,73	209	0,0322	19.170	617,29
8834	16015	6,73	395	0,0170	71.617	1.220,21
	16033	6,84	322	0,0212	71.617	1.521,31
Total				0,2585		20.159,18

Custo da máquina actual (Proposta)

Procedeu-se de seguida à análise dos custos após a implementação da proposta. Como as cadências de produção vão sofrer alterações que implicam uma diminuição das peças

produzidas em relação a alguns centros de custo, isto fará com que o custo aumente nesses centros de custo e como consequência a proposta apresentada fará aumentar os custos de fabrico das peças. Pela análise da tabela 28, verifica-se que no conjunto das 4 peças acontecerá um aumento médio por peça de 0,0183 € fazendo com que esta alteração custe mais 4 mil e 300 euros até ao seu termo.

Tabela 28: Custos das máquinas (proposto);

		Preço/hora (€)	Peças/Hora	Custo/Peça (€)	Peças Fim Projecto	Custo Total (€)
7796	16015	6,37	100	0,0637	95.853	6.105,84
	16002	7,47	100	0,0747	95.853	7.160,22
7798	16026	8,46	205	0,0413	95.920	3.958,45
	16015	6,37	205	0,0311	95.920	2.980,54
7801	16002	7,47	215	0,0347	19.170	666,05
	16015	6,73	215	0,0313	19.170	600,07
8834	16015	6,73	325	0,0207	71.617	1.483,02
	16026	6,84	325	0,0210	71.617	1.507,26
				0,2768		24.461,45
				0,2585		
Custo Alteração				0,0183		4.302,27

Estimativa dos ganhos possíveis (proposta)

Por fim analisou-se se a proposta traria ou não vantagens para a empresa e pela análise da tabela 29 verifica-se que os ganhos conseguidos no que diz respeito aos contentores, movimentações, transportes, mão-de-obra do operador do empilhador, ou seja o que foi possível quantificar monetariamente, através da implementação do estudo não é suficiente para cobrir a alteração dos custos das máquinas bem como o investimento necessário para a alteração do *layout* das prensas de soldadura.

No entanto, analisando também os ganhos que não se conseguiram quantificar monetariamente, como é o caso do *lead time* das peças, que será reduzido, o facto de os colaboradores evitarem uma contentorização havendo assim menor risco de danificar as peças, o espaço ganho, pelo menos dezoito contentores que deixaram de existir entre as operações e ainda a possibilidade de se retirar uma máquina que se encontra dedicada a um conjunto de peças do meio de duas outras, que, para além destes projectos, poderão vir a receber outros novos projectos, decidiu-se avançar com a alteração proposta.

Tabela 29: Ganhos possíveis;

	Ganhos (€)	Custos (€)	Total
Contentores	3150,00		
Área no chão de fábrica			
Área Armazém			
Movimentações Empilhador	204,52		
Empilhadorista	1067,32		
Lead Time			
Disponibilidade Máquina			
Tempo Setup			
Tempo Operário			
Tempo Afinador			
Custo Alteração		- 4302,27	
Investimento		- 1050,00	
Total	4421,84	- 5352,27	- 930,43

Depois de aprovada a proposta procedeu-se as alterações necessárias para que esta pudesse ser implementada. Para tal foi necessário realizar ensaios das operações de soldadura que não eram efectuados nas máquinas sugeridas na proposta de modo a inserir os parâmetros de soldadura que garantam uma boa qualidade de soldadura, bem como adaptar os programas de soldadura as novas máquinas.

Ao longo do estágio foram ensaiadas as máquinas de soldadura para as peças KA 7796 e KA 7801. Foi efectuada a troca das máquinas de soldadura, ficando estas em linha de modo a proceder ao fabrico das peças em fluxo contínuo. Relativamente a peça KA 7798 não foi necessário fazer alterações pelo facto de esta peça realizar as duas operações nas máquinas escolhidas para efectuar o fluxo contínuo.

Em síntese dos três casos de estudo analisados dois foram considerados como sendo opções válidas (caso de estudo 1 e caso de estudo 3) ao qual se iniciaram as tarefas para proceder as alterações propostas. No que diz respeito ao caso de estudo 2, não se efectuaram alterações, pois verificou-se que o investimento a realizar não seria recuperado ao longo do projecto.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Antes de apresentar a conclusão deste trabalho quero salientar que o facto de ter sido desenvolvido através de um estágio no Grupo Kirchhoff Automotive na área da produção. Sendo esta empresa uma multinacional de grande dimensão foi bastante benéfico a nível pessoal, para um primeiro contacto com o mercado de trabalho. Foi possível iniciar o desenvolvimento de algumas aptidões práticas que se completam com os ensinamentos obtidos ao longo do curso de Engenharia Mecânica.

A crescente procura das empresas pelos princípios *lean* demonstra que este é um pensamento que tem trazido vantagens às empresas que já conseguiram implementar estes princípios. O facto de existir muita concorrência no mercado de trabalho, faz com que as empresas se encontrem na necessidade de se tornarem mais competitivas para tal estas recorrem aos princípios *lean*. No entanto este tipo de mudança não pode alcançado de forma repentina, tendo de existir um trabalho gradual.

O *one piece flow* ou a produção em fluxo contínuo é bastante benéfica para as empresas, pois deixam de existir *stocks* intermédios evitando desta forma inúmeros problemas por vezes “escondidos” pela produção de grandes lotes. No entanto para a realização de *one piece flow* as empresas têm de estar preparadas para intervir rapidamente. Caso aconteça alguma falha (ex.: avaria de uma máquina) ao longo do processo de fabrico fará com que toda a célula/linha fique parada a aguardar a resolução do problema.

Pela análise do caso 1 referente a peça KA9754 (*ASSY MOUNTING SEAT SILL*), no qual foi estudado a possibilidade de alterar o fabrico da peça para outra máquina de soldadura de características semelhantes verificou-se que é possível efectuar uma melhoria no processo produtivo através de uma pequena alteração. Por vezes basta trocar a produção de uma peça de uma máquina para outra equivalente, aproveitando o facto de estas estarem próximas para se efectuar o fluxo contínuo entre estas. Observou-se também que mesmo que existam estudos como o caso 3 (foram analisadas 4 referências KA 7796 (*SUPPORT CALCULATEUR MOT.*), KA 7798 (*SUPPORT AV ECRAN*), KA 7801 (*ASSY MOUNTING SEAT SILL*) e KA 8834 (*SUPPORT BLOC HYDRAULIQUE*)), em que a alteração proposta denota um pequeno prejuízo, é possível avançar com as alterações pensando a longo prazo considerando que estas poderão ser

benéficas para a empresa num futuro, recuperando desta forma o investimento inicialmente efectuado.

Foi também possível verificar que por vezes há alterações que não compensam. Pois no caso 2 (peça KA 7585 (*SUPPORT –ASM BAT TRAY FRT*)) seria necessário efectuar um grande investimento para construir uma nova ferramenta, como esta não teria qualquer utilidade após a conclusão do projecto seria assim desta forma quase impossível de recuperar o investimento efectuado.

Através da realização destes três casos de estudo, foi possível verificar que caso as máquinas de soldadura fossem “*standard*”, ou seja, se tivessem características semelhantes seria possível uma maior flexibilidade para a produção das peças conseguindo desta forma aumentar as combinações possíveis entre as máquinas existentes. O facto de algumas peças estudadas se encontrarem em fase terminal do seu projecto limitou de alguma forma os estudos efectuados.

No que respeita a trabalho futuro referimos o caso do ensaio da peça KA 8834 (*SUPPORT BLOC HYDRAULIQUE*) na máquina de soldadura 16026 bem como o fabrico das rampas definitivas para o transporte das peças que irão produzir em fluxo continuo para os casos de estudo 1 e 3, que são assuntos a analisar num futuro próximo.

BIBLIOGRAFIA

Åhlström, P. (1998), “Sequences in the Implementation of Lean Production”, European Management Journal, Vol. 16, N. ° 3, pp. 327-224;

Alvarez R. e Jr. José (2001), TAKT-TIME: CONCEITOS E CONTEXTUALIZAÇÃO DENTRO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO, v.8, n.1, pg. 1 -18;

Alvarez R., Calvo R., Pena M. E Domingo R., Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools, Int. J. Adv Manuf. Technol., pag. 949-958;

Costa R.S. e Jardim E.G.M. (2010) - OS CINCO PASSOS DO PENSAMENTO ENXUTO, Rio de Janeiro;

Crowley, A. (1998), Construction as a manufacturing process: Lessons from the automotive industry, Computers & Structures 67, pg. 389 – 400;

Henderson, B.A. e Larco, J.L. (1999) – “Lean Transformation: How To Change Your Business Into A Lean Enterprise”, The Oaklea Press, 1st edition;

Li, S. G. e Rong, Y. L (2009), The reliable design of one-piece flow production system using fuzzy ant colony optimization, Computers & Operations, Research 36, pag. 1656-1663;

Mattos, L. (2002), AS MUDANÇAS ORGANIZACIONAIS E OS SEUS GESTORES NAS EMPRESAS NA ERA DA INFORMAÇÃO, Dissertação de Mestrado, Escola Brasileira de Administração Publica e de Empresas;

Melton, T. (2005) - THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING - What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, Chemical Engineering Research and Design, 83(A6): 662–673;

Neto, J. (1995) – Reestruturação Industrial, Terceirização e redes de subcontratação, revista de Administração de Empresas, v.35, n.2, pag. 33-42;

Ohlsson, Andreas (2005) – Lean Manufacturing at Volvo Truck Production Australia, Master's Thesis, Luleå University of Technology;

Pinto, J. (2008). Communicate Lean Thinking – Criar Valor Eliminando Desperdício. Acedido em Janeiro de 2012, de: <http://www.leanthinkingcommunity.org/>;

Pinto, J. (2009). PENSAMENTO LEAN – A filosofia das organizações vencedoras, 3ª edição, edições técnicas, LIDEL;

Katayama, H. e Bennett, D. (1999) – “Agility, adaptability and leanness: a comparison of concepts and a study of practice”, International Journal of Productions Economics, nº 60-61, 43-51;

Karlsson C. e Åhlström P. (1996), “Assessing changes towards Lean production”, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 12, Nos. 7/8, pp. 24-41;

Richard J. Schonberger (1982). JAPANESE MANUFACTURING TECHNIQUES – Nines Hidden Lessons in Simplicity, The Free Press;

Richard T. Lubben (1988). Just-in-time – UMA ESTRATÉGIA AVANÇADA DE PRODUÇÃO, 2ª Edição, editora McGraw-Hill;

Riezebos J., Klingenberg W e Hicks C. (2009), Lean Production and information technology: Connection or contradiction?, Computers in Industry, nº 60, 237-247;

Rother M. e Shook J. (1999), Learning to See – value stream mapping to add value and eliminate muda, Version 1.2, Brookline, Massachusetts, USA;

Wilson Lonnie. (2010), How to implement Lean Manufacturing, McGraw – Hill Companies, Inc;

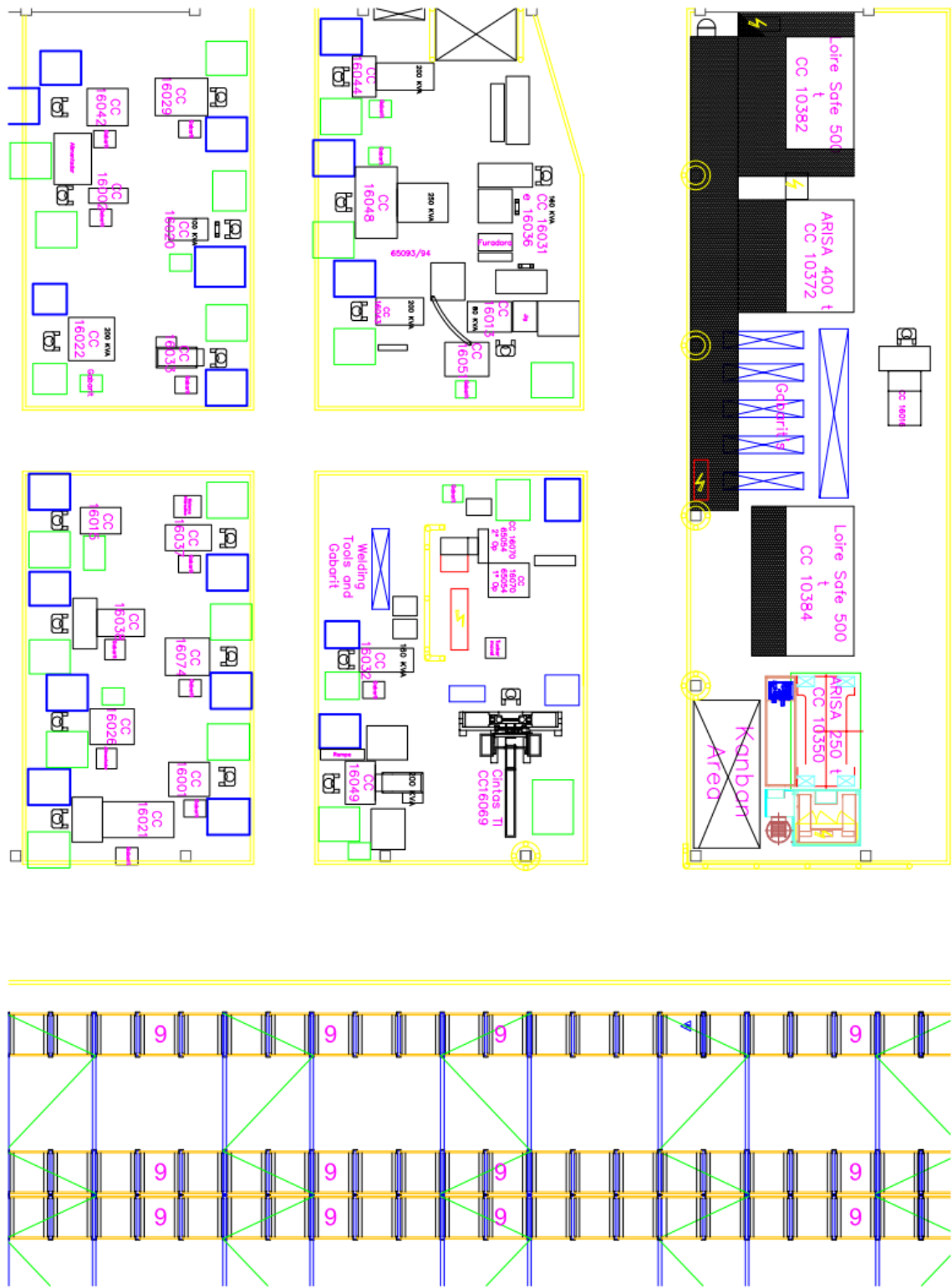
Womack J. P., Jones D. T. & Ross D. (1990), The Machine That Change The World: The Triumph of Lean Production, Rawson Associates, New York, NY, USA;

Womack, James P. e Jones, Daniel T (2003) – “Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation”, Simon & Schuster, Uk Ltd, edition revised and update.

ANEXOS

ANEXO 1

Layout da zona de soldadura 1



Layout da peça 9754 na zona de soldadura 1

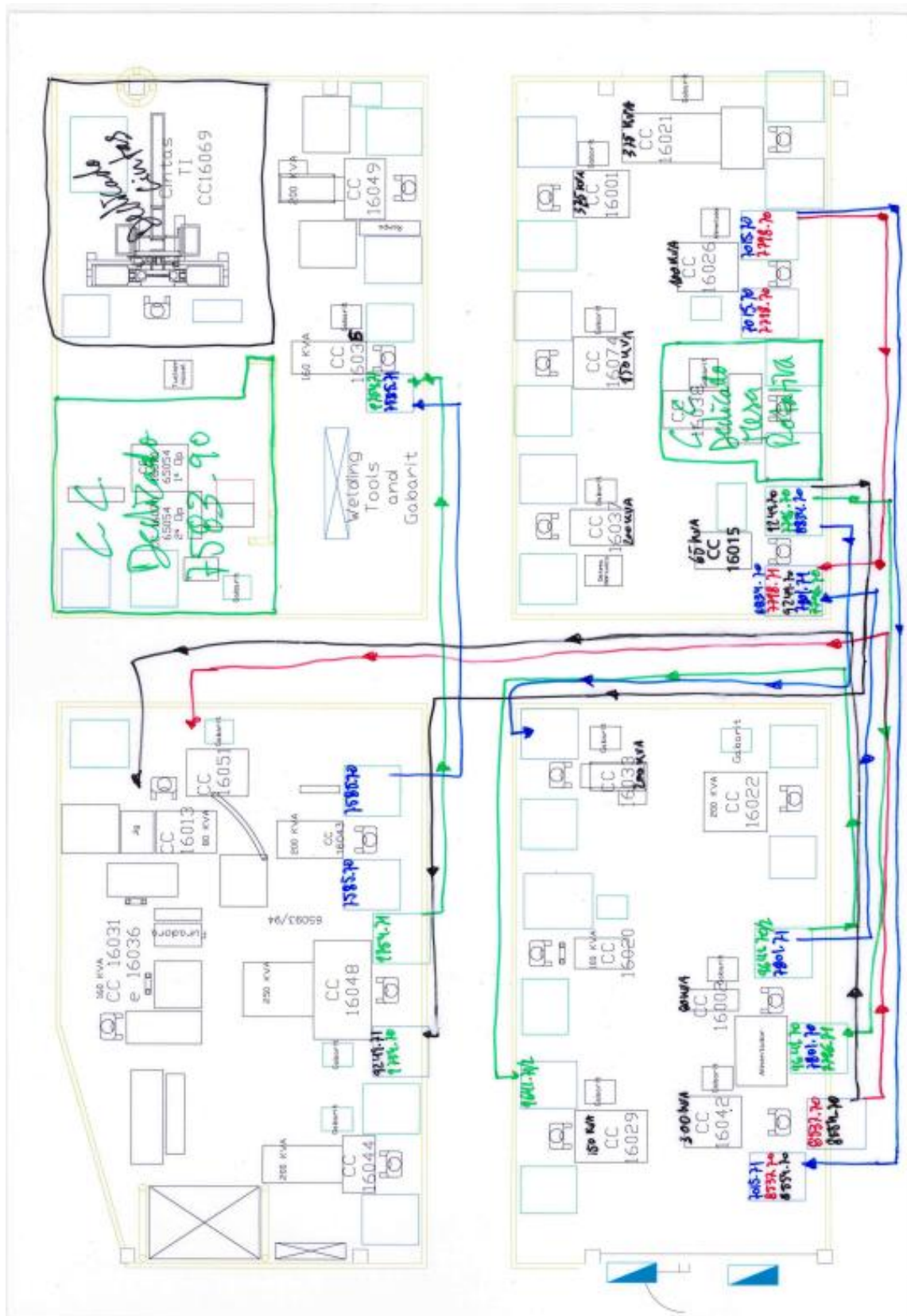


Layout da peça 7585 na zona de soldadura 1



ANEXO 4

Diagrama “esparguete” das movimentações na zona de soldadura 1.



The diagram is a hand-drawn floor plan of a factory, showing various rooms and their electrical equipment. The plan is divided into several sections, each containing different types of machinery and power units. Handwritten annotations in various colors (green, red, blue, black) provide additional information, including power ratings, costs, and specific equipment details.

Top Left Section:

- Room 16069: Contains a large machine labeled "Cintas TI".
- Room 16054: Labeled "2^a Up".
- Room 16053: Labeled "1^a Up".
- Room 16052: Labeled "2^a Up".
- Room 16051: Labeled "3^a Up".
- Room 16050: Labeled "4^a Up".
- Room 16049: Labeled "5^a Up".
- Room 16048: Labeled "6^a Up".
- Room 16047: Labeled "7^a Up".
- Room 16046: Labeled "8^a Up".
- Room 16045: Labeled "9^a Up".
- Room 16044: Labeled "10^a Up".
- Room 16043: Labeled "11^a Up".
- Room 16042: Labeled "12^a Up".
- Room 16041: Labeled "13^a Up".
- Room 16040: Labeled "14^a Up".
- Room 16039: Labeled "15^a Up".
- Room 16038: Labeled "16^a Up".
- Room 16037: Labeled "17^a Up".
- Room 16036: Labeled "18^a Up".
- Room 16035: Labeled "19^a Up".
- Room 16034: Labeled "20^a Up".
- Room 16033: Labeled "21^a Up".
- Room 16032: Labeled "22^a Up".
- Room 16031: Labeled "23^a Up".
- Room 16030: Labeled "24^a Up".
- Room 16029: Labeled "25^a Up".
- Room 16028: Labeled "26^a Up".
- Room 16027: Labeled "27^a Up".
- Room 16026: Labeled "28^a Up".
- Room 16025: Labeled "29^a Up".
- Room 16024: Labeled "30^a Up".
- Room 16023: Labeled "31^a Up".
- Room 16022: Labeled "32^a Up".
- Room 16021: Labeled "33^a Up".
- Room 16020: Labeled "34^a Up".
- Room 16019: Labeled "35^a Up".
- Room 16018: Labeled "36^a Up".
- Room 16017: Labeled "37^a Up".
- Room 16016: Labeled "38^a Up".
- Room 16015: Labeled "39^a Up".
- Room 16014: Labeled "40^a Up".
- Room 16013: Labeled "41^a Up".
- Room 16012: Labeled "42^a Up".
- Room 16011: Labeled "43^a Up".
- Room 16010: Labeled "44^a Up".
- Room 16009: Labeled "45^a Up".
- Room 16008: Labeled "46^a Up".
- Room 16007: Labeled "47^a Up".
- Room 16006: Labeled "48^a Up".
- Room 16005: Labeled "49^a Up".
- Room 16004: Labeled "50^a Up".
- Room 16003: Labeled "51^a Up".
- Room 16002: Labeled "52^a Up".
- Room 16001: Labeled "53^a Up".
- Room 16000: Labeled "54^a Up".
- Room 15999: Labeled "55^a Up".
- Room 15998: Labeled "56^a Up".
- Room 15997: Labeled "57^a Up".
- Room 15996: Labeled "58^a Up".
- Room 15995: Labeled "59^a Up".
- Room 15994: Labeled "60^a Up".
- Room 15993: Labeled "61^a Up".
- Room 15992: Labeled "62^a Up".
- Room 15991: Labeled "63^a Up".
- Room 15990: Labeled "64^a Up".
- Room 15989: Labeled "65^a Up".
- Room 15988: Labeled "66^a Up".
- Room 15987: Labeled "67^a Up".
- Room 15986: Labeled "68^a Up".
- Room 15985: Labeled "69^a Up".
- Room 15984: Labeled "70^a Up".
- Room 15983: Labeled "71^a Up".
- Room 15982: Labeled "72^a Up".
- Room 15981: Labeled "73^a Up".
- Room 15980: Labeled "74^a Up".
- Room 15979: Labeled "75^a Up".
- Room 15978: Labeled "76^a Up".
- Room 15977: Labeled "77^a Up".
- Room 15976: Labeled "78^a Up".
- Room 15975: Labeled "79^a Up".
- Room 15974: Labeled "80^a Up".
- Room 15973: Labeled "81^a Up".
- Room 15972: Labeled "82^a Up".
- Room 15971: Labeled "83^a Up".
- Room 15970: Labeled "84^a Up".
- Room 15969: Labeled "85^a Up".
- Room 15968: Labeled "86^a Up".
- Room 15967: Labeled "87^a Up".
- Room 15966: Labeled "88^a Up".
- Room 15965: Labeled "89^a Up".
- Room 15964: Labeled "90^a Up".
- Room 15963: Labeled "91^a Up".
- Room 15962: Labeled "92^a Up".
- Room 15961: Labeled "93^a Up".
- Room 15960: Labeled "94^a Up".
- Room 15959: Labeled "95^a Up".
- Room 15958: Labeled "96^a Up".
- Room 15957: Labeled "97^a Up".
- Room 15956: Labeled "98^a Up".
- Room 15955: Labeled "99^a Up".
- Room 15954: Labeled "100^a Up".
- Room 15953: Labeled "101^a Up".
- Room 15952: Labeled "102^a Up".
- Room 15951: Labeled "103^a Up".
- Room 15950: Labeled "104^a Up".
- Room 15949: Labeled "105^a Up".
- Room 15948: Labeled "106^a Up".
- Room 15947: Labeled "107^a Up".
- Room 15946: Labeled "108^a Up".
- Room 15945: Labeled "109^a Up".
- Room 15944: Labeled "110^a Up".
- Room 15943: Labeled "111^a Up".
- Room 15942: Labeled "112^a Up".
- Room 15941: Labeled "113^a Up".
- Room 15940: Labeled "114^a Up".
- Room 15939: Labeled "115^a Up".
- Room 15938: Labeled "116^a Up".
- Room 15937: Labeled "117^a Up".
- Room 15936: Labeled "118^a Up".
- Room 15935: Labeled "119^a Up".
- Room 15934: Labeled "120^a Up".
- Room 15933: Labeled "121^a Up".
- Room 15932: Labeled "122^a Up".
- Room 15931: Labeled "123^a Up".
- Room 15930: Labeled "124^a Up".
- Room 15929: Labeled "125^a Up".
- Room 15928: Labeled "126^a Up".
- Room 15927: Labeled "127^a Up".
- Room 15926: Labeled "128^a Up".
- Room 15925: Labeled "129^a Up".
- Room 15924: Labeled "130^a Up".
- Room 15923: Labeled "131^a Up".
- Room 15922: Labeled "132^a Up".
- Room 15921: Labeled "133^a Up".
- Room 15920: Labeled "134^a Up".
- Room 15919: Labeled "135^a Up".
- Room 15918: Labeled "136^a Up".
- Room 15917: Labeled "137^a Up".
- Room 15916: Labeled "138^a Up".
- Room 15915: Labeled "139^a Up".
- Room 15914: Labeled "140^a Up".
- Room 15913: Labeled "141^a Up".
- Room 15912: Labeled "142^a Up".
- Room 15911: Labeled "143^a Up".
- Room 15910: Labeled "144^a Up".
- Room 15909: Labeled "

